

Aus der Klinik für Unfall- Hand- und Wiederherstellungschirurgie
am Klinikum Rosenheim, Lehrkrankenhaus der Ludwig-Maximilians-Universität München
Chefarzt: Prof. Dr. med. G. Regel

**DIE CALCANEUSFRAKTUR –
EIN VERGLEICH ZWISCHEN OFFENER REPOSITION/ OSTEOSYNTHESE UND
GESCHLOSSENER REPOSITION / PERCUTANE SCHRAUBENOSTEOSYNTHESE**

Dissertation
Zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Stefanie Wisspeintner
aus Rosenheim

2009

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter : Prof. Dr. med.G. Regel

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Hans Hertlein, Priv. Doz. Dr. Konrad Wolf,
Priv.Do. Dr. Stefan Piltz

Dekan: Prof. Dr.med.Dr.h.c.M.Reiser, FACR,FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 19.03.2009

Meinem Vater

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|-----------|--|----|
| 1. | Einleitung | 6 |
| 1.1. | Übersicht | 6 |
| 1.2. | Anatomie des Rückfußes | 7 |
| 1.2.1. | Knöcherner Anteil | 7 |
| 1.2.2. | Gelenk- und Bandstrukturen..... | 9 |
| 1.2.3. | Muskel- und Sehnenstrukturen..... | 11 |
| 1.2.4. | Gefäße und Nerven..... | 12 |
| 1.2.5. | Biomechanik | 14 |
| 1.3. | Verletzungs- und Frakturmechanismen | 17 |
| 1.4. | Diagnostik | 19 |
| 1.5. | Klassifikationen | 23 |
| 1.6. | Epidemiologie | 37 |
| 1.7. | Behandlung der Calcaneusfraktur | 38 |
| 1.7.1. | Historischer Überblick | 38 |
| 1.7.2. | Konservative Therapiekonzepte | 40 |
| 1.7.3. | Operative Therapiekonzepte | 42 |
| 1.7.3.1. | Semioperative Therapie | 43 |
| 1.7.3.2. | Geschlossene OP-Technik (MIO) | 46 |
| 1.7.3.3. | Offene OP-Technik | 48 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 1.8. | Komplikationen und Ergebnisse der Behandlungsmethoden | 53 |
| 1.8.1. | Beurteilung des Weichteilschadens..... | 55 |
| 2. | Fragestellung | 59 |
| 3. | Methodik | 60 |
| 4. | Ergebnisse | 68 |
| 4.1. | Klinischer Verlauf | 68 |
| 4.2. | Komplikationen | 75 |
| 4.3. | Ausheilungsergebnis/Outcome | 76 |
| 5. | Diskussion | 78 |
| 5.1. | Begriffsbestimmung | 78 |
| 5.2. | Diskussion der Methodik | 79 |
| 5.3. | Diskussion der Ergebnisse | 83 |
| 6. | Beantwortung der Fragestellung | 93 |
| 7. | Zusammenfassung | 95 |
| 8. | Abkürzungsverzeichnis | 97 |
| 9. | Literaturverzeichnis | 98 |
| 10. | Lebenslauf | 111 |
| 11. | Danksagung | 112 |

1. EINLEITUNG

1.1 ÜBERSICHT

„EIN SCHÖNER FUß IST EIN GROßES GESCHENK DER NATUR“
Johann Wolfgang von Goethe

Die funktionelle Einheit Fuß, von Johann Wolfgang von Goethe bereits im 19. Jahrhundert proklamiert, findet erst in der heutigen Medizin zunehmende Beachtung: moderne diagnostische Verfahren wie CT, 3D CT, MR und die Sonographie sorgten in den letzten Jahren für ein neues Verständnis der Traumatologie des Fußes und eröffneten damit innovative operative Konzepte, speziell in der Fersenbeinchirurgie. Jedoch ist die Rekonstruktion dieser Fraktur schwierig, manchmal sogar unmöglich, denn die Wiederherstellung der Gelenkflächen, der Höhe und der Breite des Calcaneus und die Erhaltung der Beweglichkeit im Subtalargelenk stellen eine Herausforderung dar.

Zitate berühmter Chirurgen aus unterschiedlichen Jahrzehnten veranschaulichen die besondere Bedeutung dieser Fraktur.

Conn beschrieb 1935 die Calcaneusfraktur als „*a serious and disabling injury in which the end results are incredibly bad*“ (Conn, 1935).

Mc Laughlin vergleicht 1963 die Behandlungsversuche der Calcaneusfraktur mit Hilfe von internen und externen Mitteln mit „*nauling a custard pie to the wall.*“ (Mc Laughlin, 1963)

Die Bedeutung der Calcaneusfraktur in der prähistorischen Zeit war äußerst gering.

Die im 20. Jahrhundert entstandenen Automobile sorgten für eine weitere Zunahme von Calcaneusfrakturen durch Verkehrsunfälle. Insgesamt macht die Calcaneusfraktur heute 2% aller Frakturen aus.

In 75% der Fälle sind die Gelenkflächen mitbetroffen. Die Unfälle treten häufiger in jüngeren Jahren auf und sorgen durch chronische Schmerzen, Schwierigkeiten beim Laufen und Tragen von speziellen orthopädischen Schuhen für eine Beeinträchtigung der Lebensqualität. Mitunter hat die Calcaneusfraktur eine wesentliche wirtschaftliche Bedeutung, da die Patienten durchschnittlich erst nach 2 Jahren wieder einer Arbeit nachgehen können.

In den letzten 50 Jahren zeigten sich deutliche Bemühungen, den funktionellen „outcome“ nach Fersenbeinfrakturen zu verbessern: die Therapieansätze reichen von konservativen Methoden (Ruhigstellung im Gipsverband) bis zu verschiedenen operativen Techniken, wie zum Beispiel die offene Reposition, die instrumentelle Aufrichtung, die Fixierung mit Platten und die primäre Arthrodesen. Aber wie im weiteren Verlauf dieser Arbeit aufgezeigt wird, ist die postoperative Lebensqualität für die Patienten durchwegs problematisch und bis heute gibt es keinen wirklichen Konsens in der Behandlung, der chirurgischen Technik und der postoperativen Versorgung von Calcaneusfrakturen.

Daher sollen qualitative Unterschiede zwischen der minimalinvasiven und offenen operativen Methode als mögliches Behandlungskonzept der Fersenbeinfraktur in dieser Arbeit untersucht werden.

1.2. ANATOMIE DES RÜCKFUSSSES

1.2.1. KÖCHERNE ANTEILE

Das Fußskelett wird in folgende drei Teilbereiche untergliedert:

- Ossa tarsi*
- Ossa metatarsi*
- Ossa digitorum pedis*

Es gibt sieben Fußwurzelknochen, unterteilt in eine proximale und eine distale Reihe.

proximale Reihe: Talus, Calcaneus

distale Reihe: Os naviculare, Os cuneiforme mediale, Os cuneiforme intermedium, Os cuneiforme laterale, Os cuboideum

Auf dem Calcaneus liegt der Talus. Er besteht aus dem Caput - Collum und Corpus tali. Der Corpus tali trägt die trochlea tali, die als Gelenkkopf für das obere Sprunggelenk dient. Nach vorne steht der Talus mit dem Os naviculare in Verbindung. An der Unterseite des corpus tali liegt die Gelenkpfanne für die hintere Kammer des Articulatio subtalaris (Zwipp, 1994)

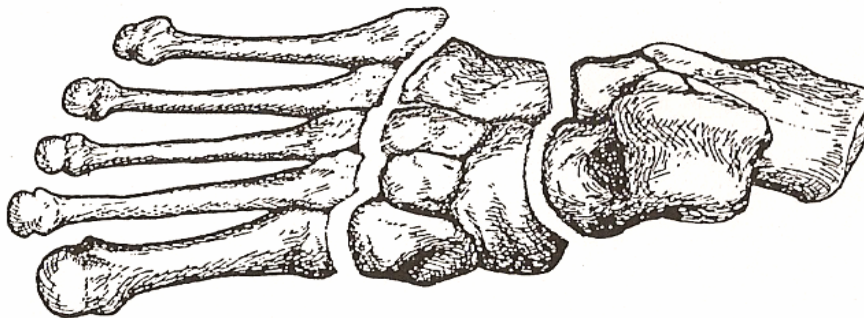


Abb. 2.1.1 – 1 Calcaneus Ansicht von oben
aus : **Zwipp H (1994)** Chirurgie des Fusses Springer Berlin Heidelberg New York S.14

Der **Calcaneus** ist der größte Fußknochen und somit essentiell für die Kraftübertragung und die biomechanische Rückfußstatik.

Vier Gelenkflächen, davon 3 zum Talus und eine zum Cuboid, sowie 4 knöcherne Fortsätze kennzeichnen ihn (Mutschler et al., 1999).

Die größte der 3 Gelenkfacetten zum Talus ist die konvexe posteriore Facette mit einer durchschnittlichen Fläche von 33×25 mm. Die konkave mittlere Facette (20×12 mm) und die eher plane anteriore Facette (12×8 mm) sind in 20% der Fälle zu einer Einheit fusioniert (Zwipp, 1994). Die große bikonkave Gelenkfläche zum Cuboid ist nach den Messungen von Zwipp im Mittel 28mm hoch und 25mm breit (Zwipp, 1994).

Dieser Gelenkanteil hat vor allem eine funktionelle Bedeutung für die Stabilität der lateralen Fußsäule und die Beweglichkeit im Chopart-Gelenk.

Das *Sustentaculum tali*, der kräftigste und von seiner Trabekelstruktur her der biomechanisch stabilste knöcherne Fortsatz stützt den Talus medialseitig wie eine innere Säule ab. Aufgrund seiner starken Verbindung zum Talus über die Ligamenta talocalcaneum mediale und calcaneo-tibiale, zum Teil auch durch die Sehne des M. flexor hallucis longus, verliert es bei Frakturen so gut wie nie seine feste Lagebeziehung zum Talus (Zwipp, 1994).

Als mächtigster dorsaler Fortsatz findet sich das *Tuber calcanei*. An dessen Unterfläche erheben sich zwei Höckerchen (Processus medialis et lateralis tuberis) mit denen der Calcaneus auf der Unterstützungsfläche ruht (Frick et.al. 1987).

Der *Processus anterior calcanei* stellt nach ventral über die Ligamenta calcaneocuboideum dorsale et bifurcatum eine feste Verbindung zum os naviculare und os cuboidale her.

Die *Trochlea peronealis* ist der kleinste Fortsatz auf der Lateralseite des Fersenbeins und bildet mit dem sulcus peronealis und dem Retinaculum peroneale distale die feste Führung für die beiden Peronealsehnen im distalen Verlauf (Zwipp, 1994).

Die Corticalis des Fersenbeines ist stellenweise sehr dünn, stellenweise sehr stark. Unter der posterioren Facette findet sich z.B. eine circa 1cm breite, stärker kondensierte Knochensubstanz, die Destot als Thalamus calcanei bezeichnete (Destot, 1911). An der lateralen Seite des Fersenbeinkörpers ist die Corticalis so schwach, dass sie sich beim Fersenbeinbruch leicht nach außen beult und deshalb im amerikanischen Sprachgebrauch als „lateral bulge“ bezeichnet wird. Die Trabekelstruktur des Fersenbeines ist entsprechend den Zug- und Druckkräften ausgebildet. Unterhalb der Corticalisverdichtung im Bereich des Fersenbeinhalses, die im Bereich des Winkels nach Gissane sehr dicht ist, besteht radiologisch ein fast dreieckiges Areal, in welchem die Spongiosabalken schwach ausgebildet sind. Dieses Gebiet wird Trigonum calcis, „pseudocyst triangle“ oder „ neutral triangle“ bezeichnet (Zwipp, 1994).

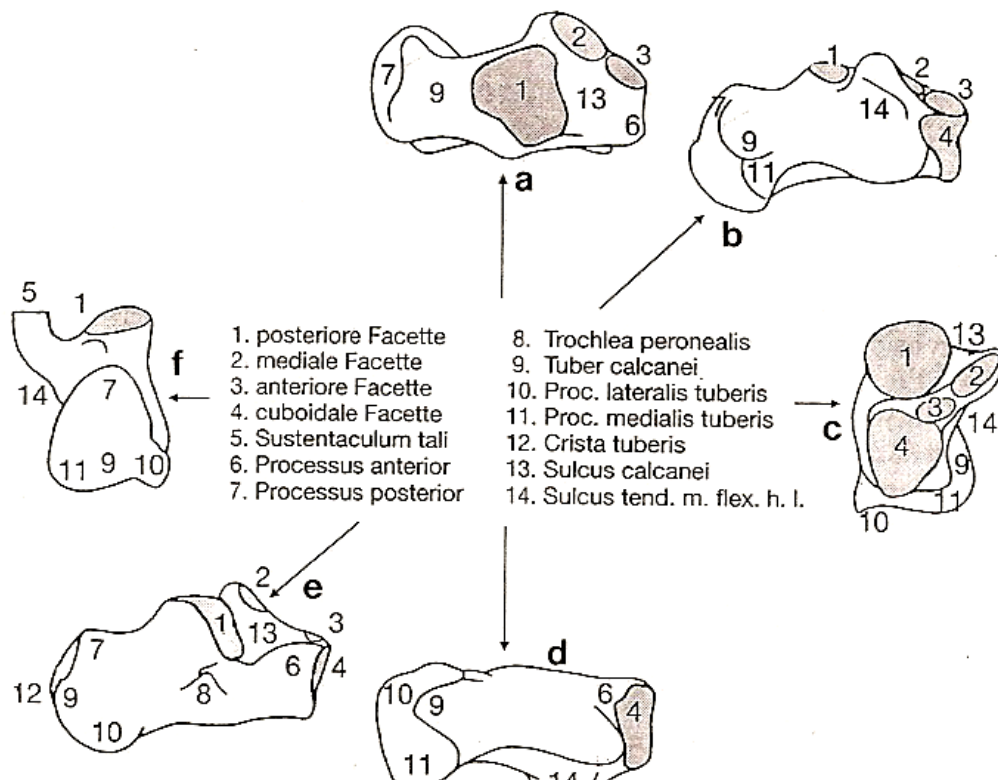


Abb. 2.1.1 – 2 Calcaneus Ansicht von oben (a), von medial (b), von vorne (c), von unten (d), von lateral (e), und von hinten (f)

aus: Zwipp H (1994) Chirurgie des Fusses Springer Berlin Heidelberg New York S.18

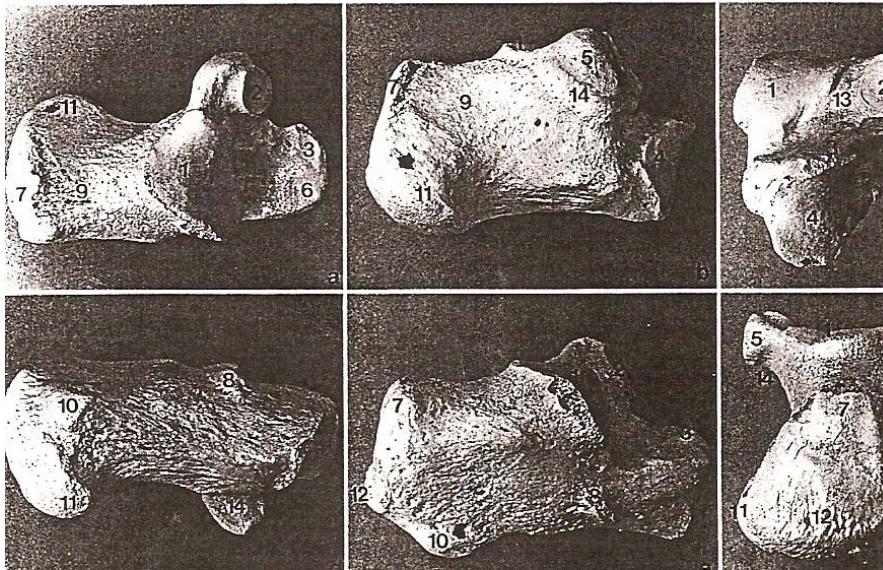


Abb. 2.1.1 - 3 (Ziffern 1-14, vgl. Abb 2.1.1 – 2)

Calcaneus : der mächtigste Knochen des Fußes, essentiell für die Kraftübertragung (Trizeps surae) und die biomechanische Rückfußstatik. Beachte neben den großen Gelenkflächen zum Cuboid, die große posteriore Facette und die mediale sowie anteriore Facette zum Talus, wobei letztere in ca. 20% der Fälle eine Einheit bilden.

Ansicht von oben (a), von medial (b), von vorne (c), von unten (d), von lateral (e) und von hinten (f)

aus: Zwipp H (1994) Chirurgie des Fusses Springer Berlin Heidelberg New York S.18

1.2.2. GELENK- UND BANDSTRUKTUREN

Eine weitere biomechanisch bedeutsame Struktur, ist das Lig. fibulocalcaneare (FC), das als mittlerer Zügel extrakapsulär verläuft, nach einigen Autoren (Lanz, 1972; Strasser, 1917; Waldeyer, 1962) von der Fibulaspitze nach dorso-medial zum Calcaneus, während es nach anderen Autoren (Broesike, 1902; Fick, 1911, Merkel, 1913; Pernkopf, 1943; Rouviere, 1924) unmittelbar ventral der Außenknöchelspitze entspringt.

Das FC zieht medial der Peronealsehnnenscheide nach dorsal-caudal, das Subtalargelenk überbrückend, zum Calcaneus, an dem es flächenhaft inseriert. Laut Schmidt und Grünwald ist das Band im Mittel 30mm lang, 8mm breit und 3mm dick (Schmidt, Grünwald, 1981). Funktionell-anatomisch verläuft es bei maximaler Dorsalflexion nahezu in Längsrichtung der Fibula. In dieser Position und auch bei zusätzlicher Supination-Inversion ist das Band am stärksten gespannt (Zwipp, 1994; Wirth et al; 1978; Laurin et al; 1975). Nach Inman und Sosna ist der physiologische Winkel zwischen vorderem und mittlerem Band mit 105° im Mittel (70-140°) entscheidend für die Stabilität in allen Phasen des dorso-plantaren Bewegungsablaufes (Inman, 1976; Sosna et al., 1977). Bei zu großem Winkel verliert beispielsweise das Lig. fibulocalcaneare bei Plantarflexion des Fußes zu früh seine stabilisierende Funktion, bevor sich das Lig.fibulotalare anterius ausreichend anspannt.

Nach den Untersuchungen von Zwipp verläuft das FC in Neutralstellung des Fußes durch die darüberziehenden Peronealsehnen unmittelbar unterhalb des Außenknöchels S-förmig nach medial (Zwipp, 1986). Es richtet sich mit seinen Fasern als gerades Bündel erst auf, wenn der Fuß invertiert und zunehmend dorsalflektiert wird.

Das Ligamentum talocalcaneare fibulare zieht als Lig. talocalcaneare infrafibulare, als Lig.talocalcaneare fibulare oder als Lig. talocalcaneare laterale vom Talushals zum Calcaneus (Zwipp, 1994).

Funktionell-anatomisch nimmt es eine Mittelstellung zur Stabilisierung des oberen und hinteren unteren Sprunggelenkes ein, ähnlich wie das Lig. Fibulocalcaneare (Zwipp, 1994).

Das Ligamentum talocalcaneare interosseum ist das für die Stabilität des hinteren unteren Sprunggelenkes bedeutendste Ligament. Nach Schmidt unterscheidet man im Bereich des Sinus tarsi und Canalis tarsi insgesamt 5 Anteile (Schmidt, 1978):

1. Pars lateralis Retinaculum musculi extensoris inferioris (brevis)
2. Pars intermedia
3. Pars medialis
4. Ligamentum talocalcaneare obliquum
5. Ligamentum canalis tarsi

Nach diesem Autor hemmen 4 der 5 Anteile eine übermäßige Supination und Inversion.

Das sind diejenigen Bandanteile, die lateral der Achse des unteren Sprunggelenkes gelegen sind: Pars lateralis, intermedia und medialis sowie das Lig. talocalcaneare obliquum. Das medial verlaufende Lig. canalis tarsi trägt dagegen zur Hemmung der Pronation und Eversion bei. Nach Platzer hemmt das Lig.talocalcaneare interosseum die Supination (Platzer, 1977).

Die Pronation wird dagegen durch die Pars tibioalcaneare des Lig.deltoideum sowie durch das Lig.talocalcaneare mediale gehemmt.

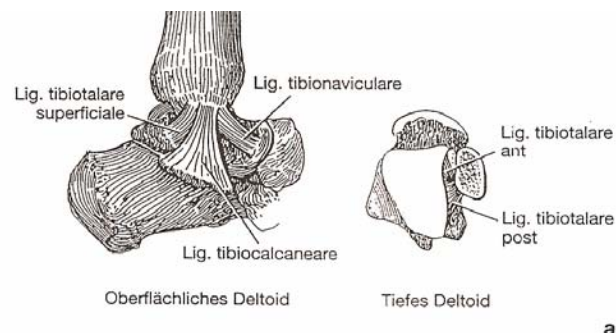


Abb. 2.1.2-1 Ligamentum deltoideum. **a,b** Es spannt sich als Pars superficialis deltaförmig vom Innenknöchel zum Talus, Naviculare und Sustentaculum tali. Diese ist biomechanisch wesentlich schwächer als die tiefe Pars anterior (pa), die dem Lig. tibiotalare anterior entspricht wie die tiefe Pars posterior (pp) entsprechend dem Lig.tibiotalare posterior. Diese gewährleisten eine kräftige Aufhängung zwischen Tibia und Talus, was am Frischpräparat (b) besonders deutlich wird. pa= pars anterior, pp=pars posterior, s=zurückgeschlagenes Lig.deltoideum superficiale.

aus: Zwipp H (1994) Chirurgie des Fusses Springer Berlin Heidelberg New York S.23

1.2.3. MUSKEL-UND SEHNENSTRUKTUREN

Die **extrinsische Muskulatur** des Fußes entspringt proximal der OSG Ebene und wirkt je nach Insertion in Bezug auf die OSG- und Subtalarachse entweder dorsal- oder plantarflektierend, evertorisch oder invertorisch.

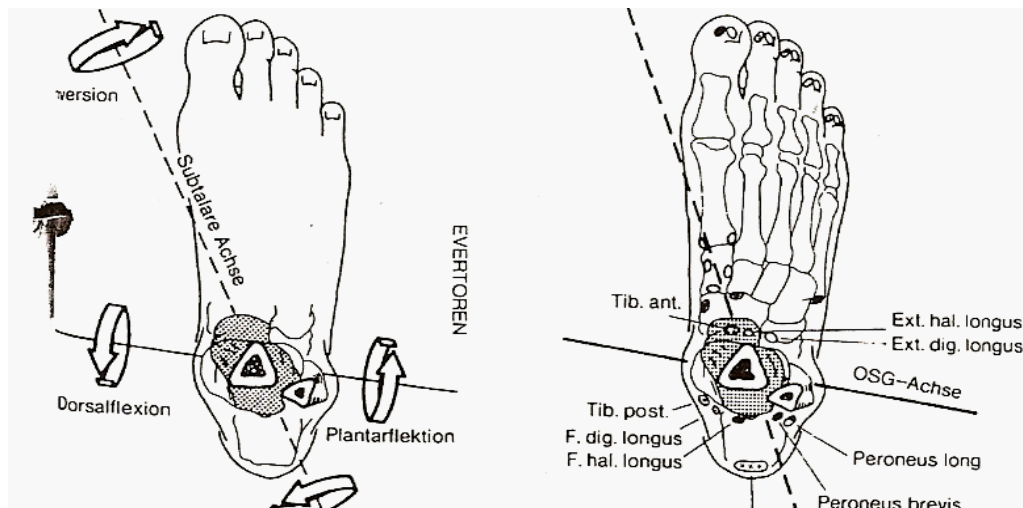


Abb. 2.1.3-1 Schematische topographische Darstellung der dynamischen Stabilisatoren des Fußes in Bezug zu den Gelenkachsen und deren funktionelles Ungleichgewicht (Eckpunkte der maximalen Arbeitsleistung in m Kg)

aus: Zwipp H (1994) Chirurgie des Fusses Springer Berlin Heidelberg New York S.29

Die **Plantaraponeurose** inseriert am Tuberculum mediale des Calcaneus und erweitert sich V-förmig nach distal mit 5 Ausläufern im Bereich der Metatarsale-Köpfchen, wobei Fasern der tieferen Schicht sich mit den Flexorensehnen verbinden und Septen zu den tiefen Transversal-Ligamenten der Sohle abgeben. Die oberflächliche Schicht ist mit der Haut über zahlreiche unelastische fibröse Septen unter Einschluß von Fettläppchen verbunden, die besonders im Fersenbeinbereich von großer funktioneller Bedeutung sind („fibroelastic adipose tissue“) (Zwipp, 1994).

Die **intrinsische Muskulatur** ist repräsentiert durch den Flexor digitorum brevis, Abductor hallucis und Abductor digiti minimi. Am medialen Tuberkel des Calcaneus und der Plantaraponeurose entspringt der Flexor digitorum brevis. Der Abductor hallucis besitzt den gleichen medialen Ursprung und inseriert an der medialen Seite der Großzehenbasis. Der Abductor digiti minimi entspringt dagegen vom medialen und lateralen Tuberkel des Calcaneus und setzt an der lateralen Kleinzehengrundgliedbasis an. Diese erste Muskelschicht ist zusammen mit der Plantaraponeurose der wichtigste Stabilisator des medial und lateralseitigen Fußlängsgewölbes.

Ein weiterer bedeutsamer Muskel, der am Tuber calcanei ansetzt und vor allem für die Plantarflexion verantwortlich ist, ist der **M. triceps surae**, der aus dem M. gastrocnemius und dem M. soleus besteht. Die Endsehnen dieser beiden Muskeln bilden zusammen die Achillessehne. Funktionell ist interessant, dass die Hebelwirkung des M. triceps surae mit der Länge des Fersenbeinhöckers wächst – ein Mensch mit einem längeren Fersenbein ist somit z. B. ein potentiell besserer Läufer.

1.2.4. GEFÄßE UND NERVEN

Die Gefäßversorgung des Fußes besteht hauptsächlich aus der:

- Arteria dorsalis pedis*
- Arteria tibialis posterior*
- Arteria fibularis*

Auf Höhe des Sprunggelenkes erfolgt die Umbenennung der A.tibialis in die *A .dorsalis pedis*: sie verläuft am dorsalen Fußrücken über Talus, Os naviculare und cuneiforme intermedium zum ersten intermetatarsalen Raum. Ihr wichtigster Ast ist die Arteria arcuata: sie verläuft in Höhe der Lisfranc'schen Gelenklinie unter den Sehnen des M. extensor digitorum longus und brevis bogenförmig zum lateralen Fußrand. Aus dem Gefäßbogen gehen 4 Aa. tarsales dorsales hervor, die sich wiederum in jeweils 2 Aa.digitales dorsales teilen.

Die *A. tibialis posterior* ist stärker ausgebildet als die A. tibialis anterior und bildet die eigentliche Fortsetzung der A. poplitea. Sie verläuft unter dem M. soleus zwischen den tiefen und oberflächlichen Flexoren zum medialen Fußknöchel. Unter dem Retinaculum mm. Flexorum liegend gelangt sie durch den medialen Malleolarkanal zur Fußsohle, wo sie sich in die A. plantaris medialis und die A. plantaris lateralis teilt. Sie versorgt die Flexoren mit Blut. An Ästen gibt sie die *A. fibularis* (alt: A.peronea) ab, die wiederum auf der dorsalen Seite der Fibula in der Loge zwischen M. flexor hallucis longus und M. flexor digitorum longus zum lat. Knöchel zieht. Dort teilt sie sich in zahlreiche Malleolar- und Fersenbeinäste auf.

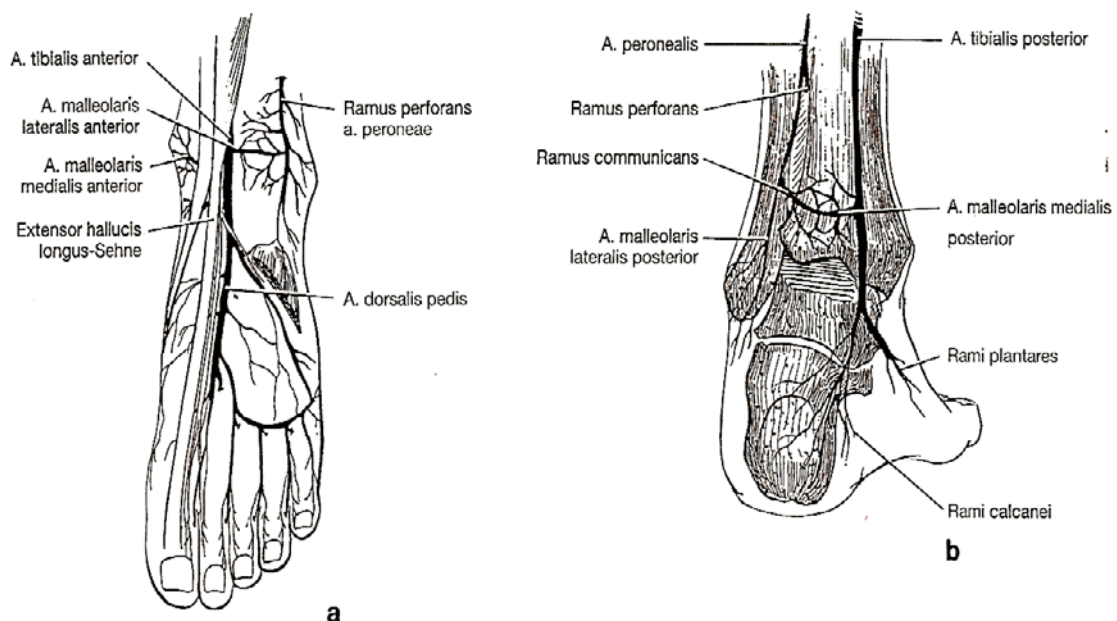


Abb. 2.1.4-1 Arterielle Versorgung des Fußes. von vorne (a), von hinten (b)
aus: **Zwipp H (1994)** Chirurgie des Fusses Springer Berlin Heidelberg New York S.33

Die nervale Versorgung des Fußes erfolgt von L4/5 bis S1-3 über den *Nervus ischiadicus*, der sich im weiteren Verlauf in den *N. tibialis* und *N. fibularis communis* aufteilt.

Der *N. tibialis* innerviert die Muskeln der Fußsohle und die Haut der Ferse und Fußsohle rückseitig und plantarseitig.

Der *N. fibularis* communis innerviert dagegen die antero-lateralen Kompartimente und den Fußrücken. Die sensible Versorgung der Haut am Fußrücken besteht durch den *N. fibularis superficialis*, der etwa eine Handbreit oberhalb der Knöchelgabel ventral die *Fascia cruris* durchbricht und mit unterschiedlicher Teilungshöhe als *N. cutaneus dorsalis medialis* und *intermedius* die größten Areale des Fußrückens versorgt. Die lateralseitige Fersen- und Metatarsale-V-Gegend wird vom *N. suralis* als *N. cutaneus dorsalis lateralis* gespeist, welcher letztendlich eine Mischinnervation aus dem *N. peroneus communis* und *N. tibialis* aufweist. Das mediale Sprunggelenk und der mediale Fußrand werden vom *N. saphenus* versorgt. Als Besonderheit gilt die Versorgung des dorsalen 1. Interdigitalraumes durch einen Hautast des *N. peroneus profundus*, welcher erst auf Höhe des Großzehengrundgliedgelenkes die dorsale *Fascia pedis* perforiert.

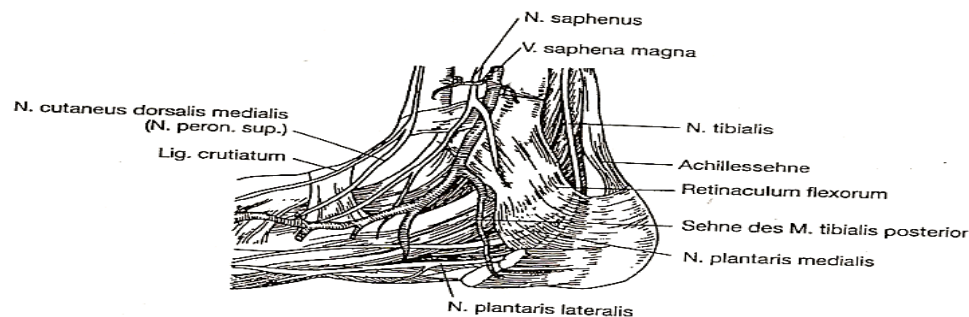
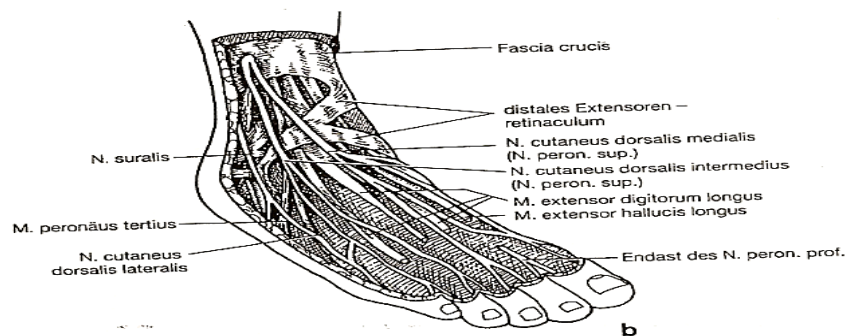


Abb. 2.1.4 –2 Nervale Versorgung des Fußes. **a** lateral, **b** dorsal
 aus: Zwipp H (1994) Chirurgie des Fusses Springer Berlin Heidelberg New York S.33



Von chirurgischer Relevanz sind vor allem der *N. cutaneus dorsalis lateralis* und *intermedius*, die bei inframalleolären Schnitt z.B. bei fibularer Bandnaht leicht verletzt werden können.

Empfehlenswert ist daher der epimalleoläre Schnitt, der parallel zwischen den Nerven verläuft. Die motorische Versorgung des Fußes ist vor allem durch die extrinsische Muskulatur gegeben, die bei verschiedenen Formen der Lähmung oder Kontraktur nach Kompartiment-Syndrom zur Muskelimbalance und konsekutiven Fußfehlstellung führen kann.

1.2.5. BIOMECHANIK

Retrospektiv betrachtet, musste sich der menschliche Fuß zur Optimierung der statischen und dynamischen Kraftverteilung zwangsläufig aus einer plantigraden Fußplatte zu einem beidseitigen Längs- und Quergewölbe aufrichten, um in der paarigen Anordnung ein gemeinsames Kuppelgewölbe zu bilden, deren Zentrum die vertikale Hauptbelastungsachse des ganzen Körpers zugrunde liegt(Zwipp, 1994).

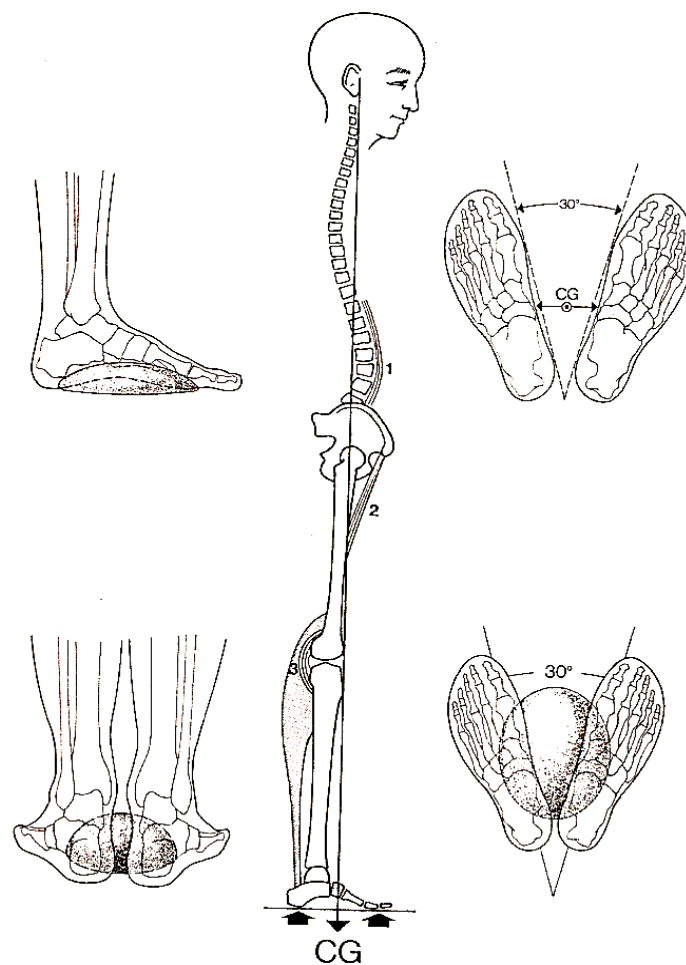


Abb. 2.1.5 – 1 Bei Betrachtung des gesamten menschlichen Skelettes verläuft bei Zug und Gegenzug an Wirbelsäule, Becken und unterer Extremität die zentrale Gravitätsachse (CG) durch die mittlere Verbindungslinie beider Kahnbeine bei physiologischer Außenrotation des Fußes von 15° . Das Gravidationszentrum befindet sich durch Aufwerfung des Fußes mit Längs- und Quergewölbe praktisch um Zentrum einer eliptoiden Globusform, auf der wir ideell stehen. 1= Vorderes Längsband, 2= Iliofemorales „Y“-Ligament, 3= Lig. popliteum obliquum.

aus: Zwipp H (1994) Chirurgie des Fusses Springer Berlin Heidelberg New York S.42

Das Wolff'sche Gesetz erklärt gut die Entwicklung der Druck- und Zugkraftvektoren: die Trabekelstruktur des Fußskelettes entspricht dabei exakt den Kraftvektoren eines idealisierten rechteckigen Quaders. Dieser wird durch Zug an der Ferse (H) angehoben, nimmt im hinteren Drittel die Belastung (B) des Körpergewichtes auf und zusätzlich die Kraft, die vorne über das andere Ende des Vorfußes (als Hypomochlion F dargestellt) entsprechend den Metatarsaleköpfchen abgewickelt wird (Zwipp, 1994).

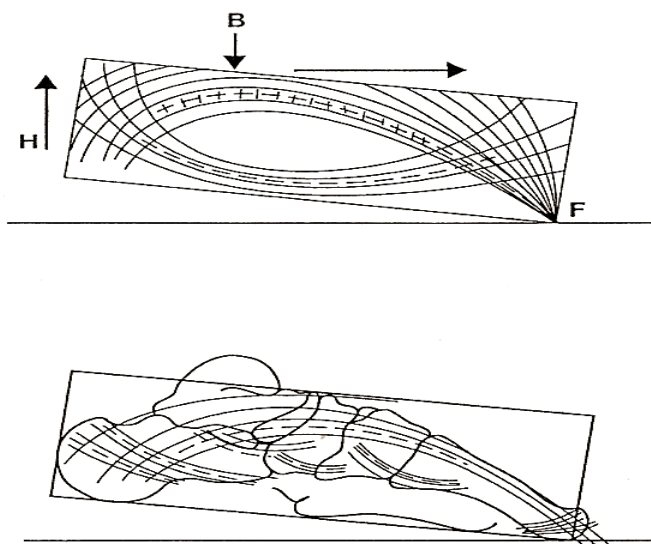


Abb. 2.1.5 – 2 Darstellung der Druck- (+) und Zug- (-) Kraftvektoren nach dem Wolff'schen Gesetz.

aus: **Zwipp H (1994)** Chirurgie des Fusses Springer Berlin Heidelberg New York S.40

Dabei wird zum einen die Bedeutung des Zughebels Trizeps surae am Fersenbein deutlich, andererseits die wichtige Funktion eines Fußhebelarmes, der knöchern, ligamentär und dynamisch durch die zahlreichen Sehnen und Muskeln abgefedert wird, um die Metatarsaleköpfchen durch die permanente Überbelastung vor einer schweren Metatarsalgie oder einem raschen Ermüdungsbruch zu bewahren.

Die Komplexität eines Schrittzklus soll wie folgt einfach skizziert werden:

Zu Beginn der Standphase wird der Fuß plantarflektiert aufgesetzt; dabei verhindert der M. tibialis anterior, dass der Fuß platt auf den Untergrund fällt. Während die Tibia nach innen rotiert, erfolgt das Abwickeln des Fußes vom Boden über das Os metatarsale 1 in die Großzehe. Dabei rotiert die Tibia nach außen und verursacht so eine Supinationsbewegung im Subtalargelenk. Die Plantarflexoren sowie der M. triceps surae steigern ihre Aktivität, um der passiv erfolgten Dorsalextension entgegenzuwirken und am Ende dieser Phase den Fuß plantarflektiert vom Boden abstoßen zu können. Währenddessen ändert sich auch der Winkel im Metatarsophalangealgelenk. Der Fuß ist nicht mehr belastet und kann zum nächsten Schritt nach vorne durchgeschwungen werden (Zwipp, 1994).

In Abb 2.1.5-2 ist das zyklisch komplexe Zusammenspiel der extrinsischen und intrinsischen Fußmuskulatur dargestellt.

Weitere Untersuchungen zeigen, dass keine gleichmäßige Belastung des Fußes im ruhenden Stand und im Gangzyklus stattfindet, denn Calcaneus und Großzehenballen nehmen immer den größeren Anteil der Kräfte auf, während zum lateralen Fußrand hin ein deutlicher Druckabfall erfolgt. Dazu kommt, dass die lateralen Tarso-Metatarsal-Gelenke einen Bewegungsspielraum in der Sagittalebene von bis zu 20° aufweisen. Daraus kann gefolgert werden, dass dem Quergewölbe über seine Verspannung durch den M. tibialis posterior und M. peroneus longus die Aufgabe der Ausbalancierung in der Frontalebene zukommt.

Ein wichtiges Prinzip der Fußchirurgie ist also, dass der Fuß als ganzheitliches Bewegungsorgan betrachtet wird. Nur in seiner physiologischen Anatomie kann er seiner vollen Funktion gerecht werden, d.h. jede operative Rekonstruktion am Fuß muß pathomechanischen Prinzipien gerecht werden, um nicht benachbarte Gelenke oder nachgeschaltete Skelettabschnitte sekundär zu schädigen.

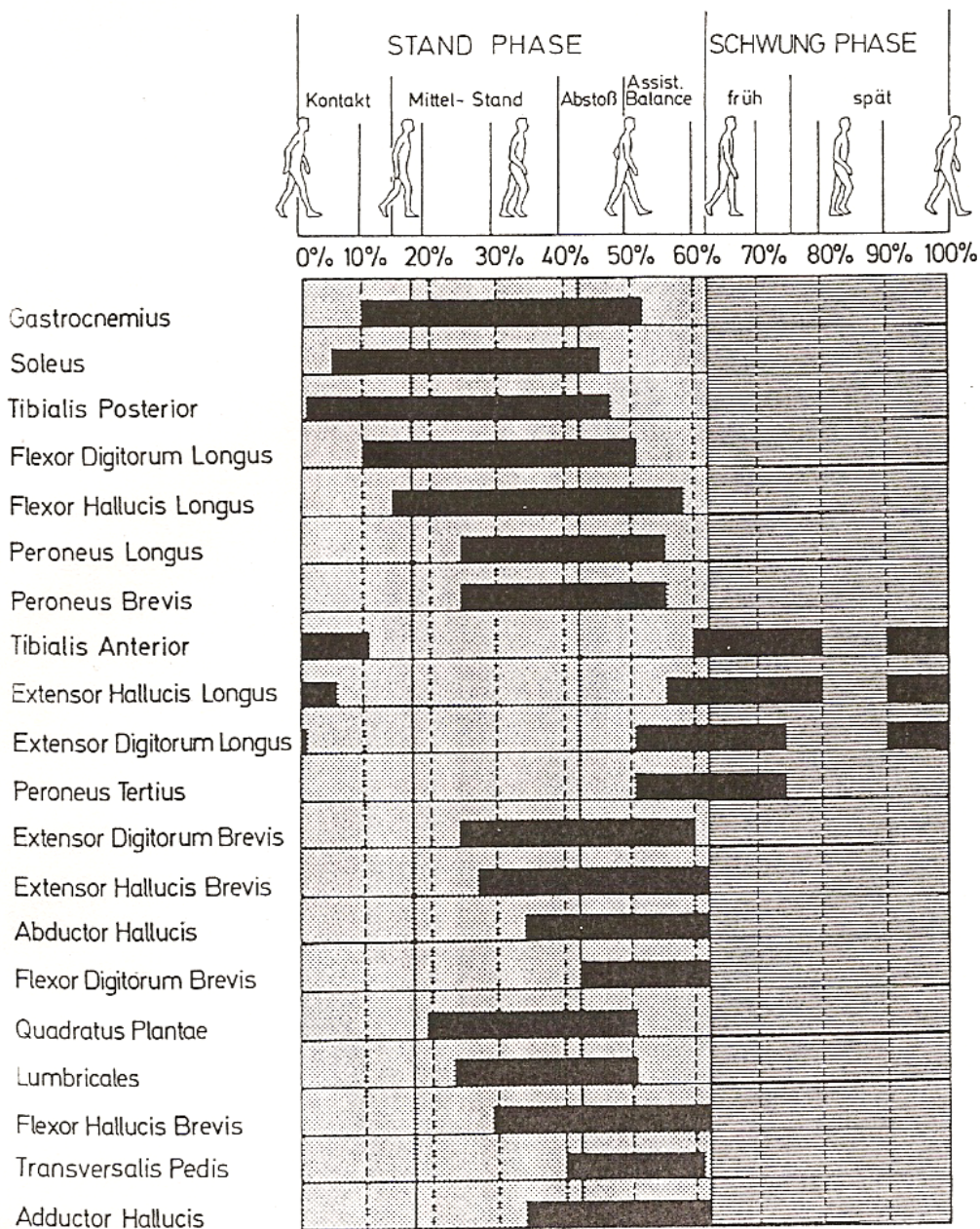


Abb. 2.1.5 – 3 Dynamische Interaktion der extrinsischen und intrinsischen Fußmuskulatur während des normalen Gangzyklus nach Root
aus: Zwipp H (1994) Chirurgie des Fusses Springer Berlin Heidelberg New York S.41

1.3. VERLETZUNGS- UND FRAKTURMECHANISMEN

Calcaneusfrakturen entstehen durch Längsstauchung des Beines z. B. durch einen Fall aus größerer Höhe oder bei Auffahrunfällen. Die Unfallanalyse nach Zwipp et al. liefert folgendes Ergebnis: 53 % aller Fersenbeinbrüche entstehen bei Verkehrsunfällen, 43 % beim Fall aus großer Höhe und 4 % haben andere Ursachen. Die Frakturform wird durch die Stellung des Fußes in der Frontal- und Sagittalebene sowie durch die einwirkende Muskelkraft modifiziert (Tscherne et al; 1992). Es entstehen extra- und / oder intraartikuläre Fersenbeinbrüche. Nach einigen Sammelstatistiken (Tanke, 1982; Mutschler, 1988) sind etwa 80 % der Calcaneusfrakturen intraartikulär und 20 % extraartikulär gelegen. Bilaterale Calcaneusfrakturen werden mit 12-18 % angegeben; sie entstehen häufig bei Suizidpatienten nach einem Sturz aus großer Höhe. Der hohe Anteil von Verkehrsunfällen erklärt auch einen relativ hohen Anteil von polytraumatisierten Patienten, die zusätzliche Frakturen vor allem an der Wirbelsäule aufweisen (35% der Patienten) (Zwipp, 1994).

Durch axiale Gewalteinwirkung entsteht der klassische **intraartikuläre Fersenbeinbruch** nach Essex-Lopresti. Bei der **Primärfraktur** wird der Processus fibularis wie ein Keil in den Calcaneus hineingetrieben. Sie entsteht exakt im Winkel von Gissane, d.h. am Vorderrand der subthalamischen Zone im Übergang zum Calcaneushals. Bei weiterer Krafteinwirkung und gleichzeitiger Scherung wird der Calcaneus in ein postero-laterales Fragment und in ein antero-mediales Fragment mit dem Sustentaculum tali als Hauptfragment gespalten, welches nach Mc Reynolds als das Schlüsselfragment bezeichnet wird, da es nahezu immer im festen Verbund zum Talus bleibt (Mc Reynolds, 1982).

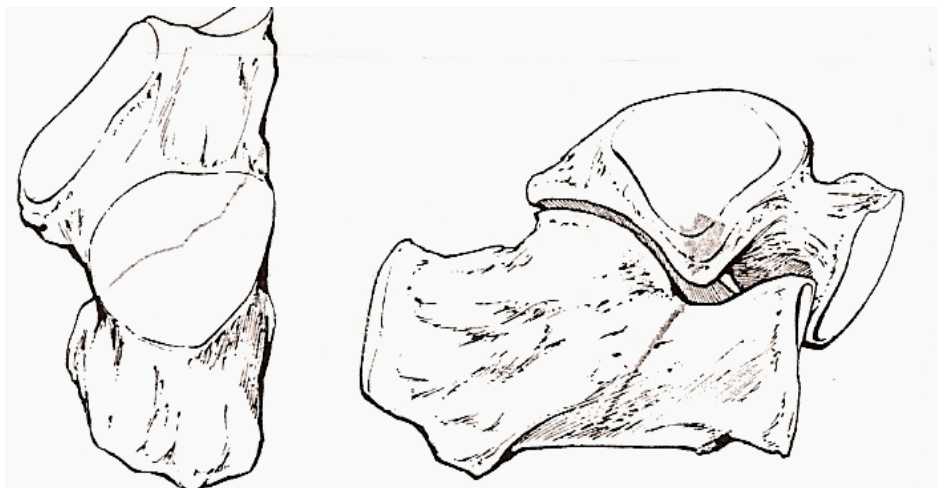


Abb. 2.2 -1- Primärfraktur bei einer thalamischen Fraktur des Calcaneus
aus: Rüter A, Trentz O, Wagner M (1995) Unfallchirurgie Urban und Schwarzenberg München-
Wien-Baltimore S.898

Ist die Stauchungsenergie noch nicht verbraucht, entstehen **Sekundärfrakturen**: bei der sogenannten „**joint depression fracture**“ ist hauptsächlich die posteriore Facette impaktiert und die Frakturlinie verläuft direkt hinter dieser nur knapp in das Tuber hinein [Abb 2.2-2], (Zwipp, 1994).



Abb. 2.2 – 2 Calcaneusfraktur vom „Joint-depression“- Typ
aus: Rüter A, Trentz O, Wagner M (1995) Unfallchirurgie Urban und Schwarzenberg
München-Wien-Baltimore S.898

Beim „**Tongue- Type**“ nach Essex–Lopresti verläuft die Frakturlinie etwa horizontal in den Calcaneuskörper und ein zungenförmiges Fragment bricht aus [Abb 2.2-3].
Leichtere Stürze, insbesondere auf kantige Unterlagen, führen eher zu extraartikulären **Frakturen**.

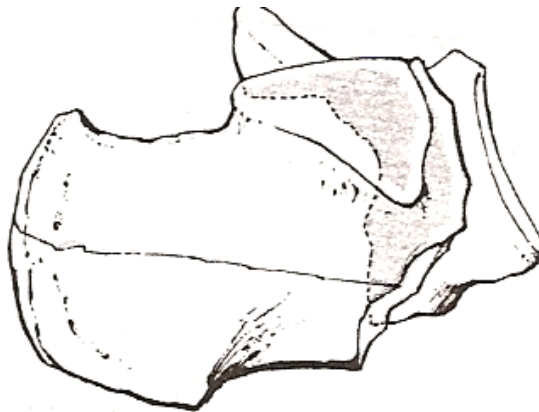


Abb. 2.2 – 3 Calcaneusfraktur vom „Tongue“ – Typ
aus: Rüter A, Trentz O, Wagner M (1995) Unfallchirurgie Urban und Schwarzenberg
München-Wien-Baltimore S.898

Bei jugendlichen Patienten mit noch großer elastischer Verformbarkeit des Calcaneus kommt es beim Sturz aus der Höhe durch die plötzliche extreme Zugwirkung des M. triceps surae am ehesten zu einer extraartikulären Abrissfraktur. Ein einfaches Supinationstrauma kann entlang der Hellpap' schen Supinationslinie zum knöchernen Ausriss des Ligamentum bifurcatum, d. h. zum extra- oder intraartikulären Abriss des Processus anterior calcanei führen (Zwipp, 1994).

Nach einer CT-Analyse von Zwipp finden sich von über 200 axialen und coronaren CTs bei 36 % aller intraartikulären Fersenbeinbrüche ein 4-Fragment und in 58 % aller Fälle ein 5-Fragmentbruch. Die 5 Hauptfragmente sind:

- sustentaculares Fragment
- tuberositäres Fragment
- posteriores Facettenfragment
- Processus anterior Fragment
- anteriores Facettenfragment

Mit zunehmender kinetischer Energie korreliert die Anzahl der beteiligten Fersenbeingelenkfacetten eng, wobei die posteriore Facette in 97 % der Fälle, die Calcaneo-Cuboid- Gelenkfacette in 59 % der Fälle zusätzlich mitfrakturiert ist und die anteriore Facette der Articulatio talo-calcanearis in zusätzlich 8 % aller Fälle (Zwipp, 1994).

1.4. DIAGNOSTIK

Klinische Zeichen einer Calcaneusfraktur sind: die sicheren Frakturzeichen (Fehlstellung, abnorme Beweglichkeit, Krepitation des Fußes und erkennbare Knochenfragmente bei offenen Frakturen) eine Verkürzung und Verbreiterung der Ferse und ein von Böhler beschriebenes Hämatom, das sich meistens an der Außenseite des unteren Sprunggelenkes befindet (Böhler, 1977). Richmann und Bare wiesen nach, dass dieses Hämatom im zentralen Kompartiment (zieht vom Calcaneus bis zu den Metatarsaleköpfchen und enthält den M. quadratus planus, die M. lumbricales und den M. adductor hallucis) der Fußsohle liegt (Richman et al; 1986).

Bei der bildgebenden Diagnostik werden die laterale, axiale, schräge und dorsoplantare Aufnahme als Standardröntgenaufnahmen empfohlen; die laterale und axiale Projektion sollten im Seitenvergleich vorliegen.

1. Eine Unterscheidung zwischen extra -und intraartikulären Frakturen und eine Festlegung des Frakturtyps ermöglicht vor allem die **laterale Aufnahme**, denn sie bildet das Corpus calcanei, die subtalare Gelenkregion, den Processus anterior und das Calcaneo cuboid-Gelenk ab. Bei dieser Aufnahme wird der Tubergelenkwinkel nach Böhler bestimmt. Er beträgt 20- 40 Grad und ist ein Maß für die Art und Schwere des Bruchs, für das Ergebnis der Reposition und für den weiteren Verlauf. Allerdings weist Böhler darauf hin, dass die Funktion des Fußes schlecht sein kann, obwohl der Tubergelenkwinkel wiederhergestellt wurde, weil die verschobenen Gelenkflächen nicht korrekt eingerichtet wurden.

2. Bei der **axialen Aufnahme** wird das obere Sprunggelenk des Patienten durch eine Schlinge maximal dorsal flektiert und der Zentralstrahl wird in 45 Grad zur Horizontalen eingestellt; außerdem sollte sich der Patient aus Schmerzgründen am besten in der Rückenlage befinden. Mit der axialen Aufnahme werden sagittale Frakturen, Frakturen des Sustentaculum tali und des medialseitigen Tuberanteils sowie eine Verkürzung und Verbreiterung des Calcaneus und teilweise auch Stufen im subtalaren Gelenk diagnostiziert.

3. Eine ideale Ergänzung zur axialen Aufnahme ist die **Schrägaufnahme nach Broden**, denn dabei kann das hintere subtalare Gelenk eingesehen werden (Broden, 1949). In Rückenlage des Patienten, bei Neutralstellung des OSG und 45 Grad Innenrotation von Bein und Fuß wird der Zentralstrahl auf den Sinus tarsi gerichtet und in 10, 20, 30 und 40 Grad Einstellung zur Fußflächensachse von der Fußsohle her geröntgt.

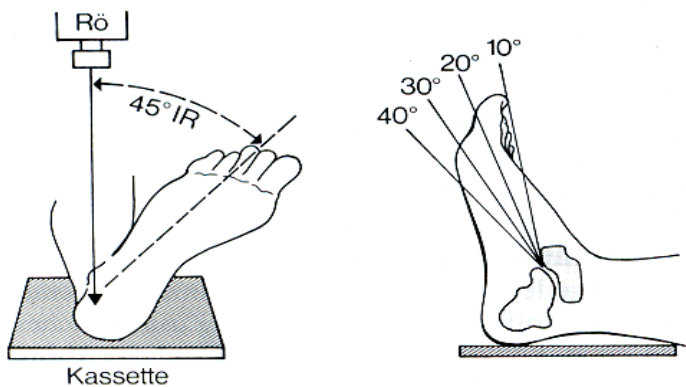


Abb. 2.3 – 1a Brodén - Schema

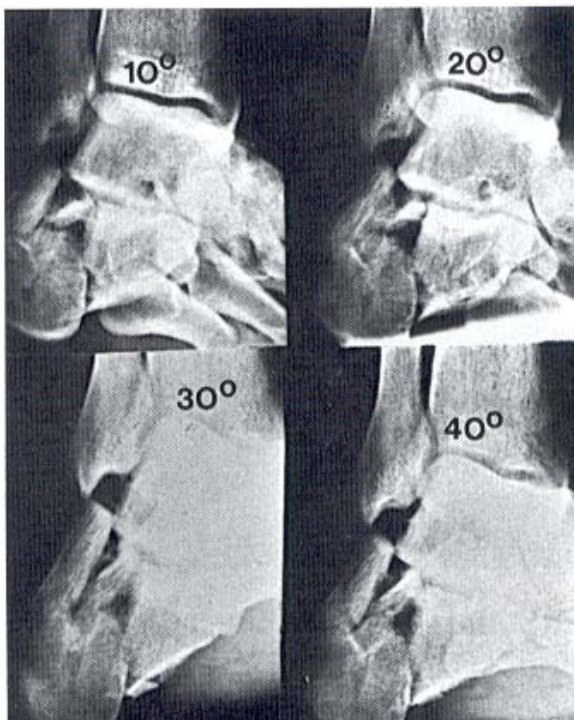


Abb. 2.3 – 1a,b Brodén – Projektionen 10°, 20°, 30°, 40°
aus: Zwipp H (1994) Chirurgie des Fusses Springer Berlin Heidelberg New York S.105

4. Dorsoplantare Aufnahmen erlauben die Beurteilung des Processus anterior und des Chopart Gelenkes.

5. Am besten kann der komplexe räumliche Aufbau des Calcaneus mit dem CT dargestellt werden. Man hat die Möglichkeit, das gesamte Ausmaß der Zerstörung von Gelenkflächen zu beurteilen. Stufenbildungen im Gelenk, Größe und Drehung der imprimierten Gelenkanteile, Verkürzung und Verbreiterung des Calcaneus kommen exakt zur Abbildung. Bei extraartikulären Calcaneusfrakturen kann es vor allem hilfreich sein, dass durch die hohe Dichteauflösung des CT kleine ossäre Fragmente dargestellt werden können. Mit der CT sind zusätzlich Einengungen oder Einklemmungen von Weichteilen sichtbar zu machen.

Das CT kann theoretisch in drei Ebenen (axial, koronar und sagittal) angelegt werden. In der Praxis wird jedoch auf die sagittale Aufnahmetechnik verzichtet, weil die Positionierung des verletzten Beines dem Patienten Schwierigkeiten bereitet. In den verschiedenen Ebenen können jeweils unterschiedliche Strukturen am klarsten beurteilt werden.

Beurteilung des Calcaneus in der **Axialebene:**

- Größe und Lage der Hauptfragmente
- Verwerfungen der hinteren Gelenkfläche
- Frakturen des Proc.anterior tali und Beteiligung des Calcaneo-Cuboidal-Gelenks
- Sustentaculum tali mit der mittleren Gelenkfläche
- Fibularissehnen und Sehnen des M. flexor hallucis longus

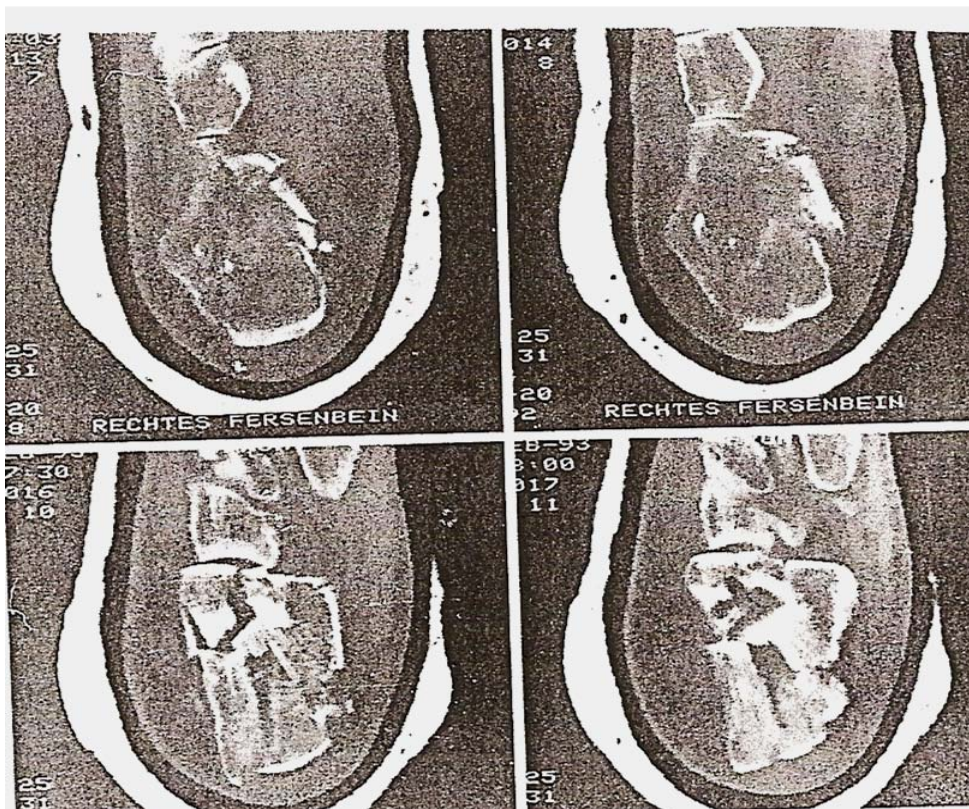


Abb. 2.3 – 2 CT des Calcaneus in der Axialebene
aus: Rüter A, Trentz O, Wagner M (1995) Unfallchirurgie Urban und Schwarzenberg
München-Wien-Baltimore S.896

Beurteilung eines CTs des Calcaneus in der **Koronarebene**:

- Lage der Hauptfragmente
- Dislokation der hinteren Gelenkfläche
- Sustentaculum tali mit der mittleren und vorderen Gelenkfläche
- Fibularis-Sehnen und Sehnen des M. flexor hallucis longus

Eine **Kernspintomographie** (NMR) hat bei frischen Verletzungen keine Bedeutung. Sie kann dagegen nützlich bei der Differentialdiagnose von Spätbeschwerden sein, da sich auf diese Weise gelegentlich Einklemmungen der Fibularis- Sehnen oder Ermüdungsrisse der Sehne des M. tibialis posterior erkennen lassen.

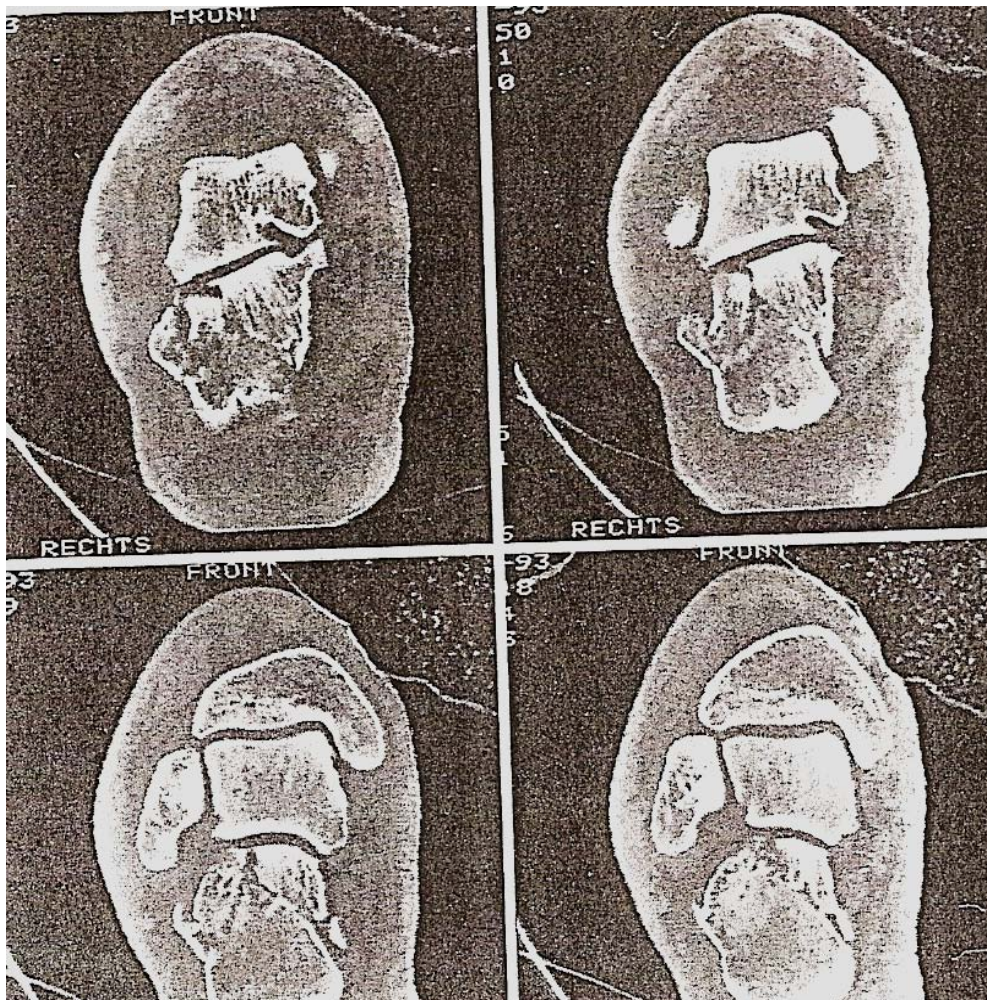


Abb. 2.3 – 2 CT des Calcaneus in der Koronarebene
aus: **Rüter A, Trentz O, Wagner M (1995)** Unfallchirurgie Urban und Schwarzenberg
München-Wien-Baltimore S.896

1.5. KLASSIFIKATIONEN (BEURTEILUNG DER VERLETZUNGSSCHWERE)

Die Notwendigkeit der Klassifikation von Verletzungsgruppen ist im Zeitalter der „evidence based medicine“ allgemein anerkannt. Grundsätzlich sollte ein Klassifikationsschema folgende Forderungen erfüllen:

- einfache Anwendung
- gemeinsame Sprache zur Verständigung zwischen den Behandlern
- stadienadaptierte Entwicklung von Richtlinien für die Behandlung
- Vorhersage für das zu erwartende Langzeitergebnis
- wissenschaftliche Basis für den Vergleich verschiedener Behandlungskonzepte

Damit eine Klassifikation dies alles leisten kann, muss jedes Klassifikationssystem seine Zuverlässigkeit nachweisen und aus möglichst einfachen diagnostischen Kriterien zu entwickeln sein.

Die Klassifikation der Calcaneus Frakturen geht auf **Malgaigne (1843)** zurück, der erstmals den Frakturmechanismus als Basis der Einteilung wählte (Tanke, 1982).

Destot (1902) erweiterte diese Klassifikation, indem er sie nach durch den Unfallmechanismus betroffenen Regionen, nämlich in das anteriore, mittlere und posteriore Drittel des Calcaneus einteilte. Er betonte die Bedeutung der Fraktur im mittleren Drittel, die er zusätzlich in 4 Kategorien unterteilte (Destot, 1902).

Klassifikation nach Böhler (1933)

Andere Klassifikationen berücksichtigen mehr die pathologisch-anatomische Seite. Die bekannteste Klassifikation von **Böhler** unterscheidet 8 Gruppen von Calcaneusfrakturen (Böhler, 1977). Die ersten 3 Gruppen betreffen eher die Fortsätze, die übrigen 5 eher den Körper des Calcaneus:

- Gruppe 1a: Brüche am hinteren oberen Ende des Tuber calcanei oberhalb des Ansatzes der Achillessehne, sog. 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 calc., 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 Proc. Medialis des Tuber calcanei
- Gruppe 3 : Brüche des Sustentaculum tali und am vorderen Fortsatz des Calcaneus

- Gruppe 4 : Brüche des Calcaneushöckers und-körpers ohne Verschiebung der Gelenkflächen
- Gruppe 5 : Brüche des Corpus calcanei mit Verrenkung des lateralen Anteils der hinteren Gelenkfläche
- Gruppe 6 : Brüche des Corpus calcanei mit Verrenkung der ganzen hinteren Gelenkfläche
- Gruppe 7 : Brüche des Corpus calcanei mit Verrenkung des lateralen Anteils der hinteren Gelenkfläche mit Teilverrenkung im Chopart'schen Gelenk
- Gruppe 8 : Brüche des Corpus calcanei mit Zertrümmerung des vorderen Fortsatzes und mit Verrenkung gegenüber dem Würfelbein.

L. Böhler beschreibt in seinem Buch „ Die Technik der Knochenbruchbehandlung“ die Einteilung der Brüche nach Unfallgenese. Er stellte fest, dass bei den meisten Brüchen der Gruppe 1a eine Gewalt direkt von hinten oder von der Seite auf das Fersenbein einwirkt und dadurch ein quer verlaufender Sprung in der Corticalis entsteht. Wenn der Bruch cranial vom Ansatz der Achillessehne liegt, wird das Bruchstück bei Dorsalbeugung im Sprunggelenk durch den Druck der Achillessehne hochgekippt. Diese seltenen Brüche entstehen in der Regel nur bei Leuten jenseits des 50. Lebensjahres. Die Voraussetzung ist also nicht nur die eigenartige Gewalteinwirkung sondern auch eine gewisse Osteoporose der Knochen.

Die Gruppe 1b der Calcaneusbrüche entstehen in der gleichen Weise und Altersklasse wie jene der Gruppe 1a. Der Unterschied liegt nur darin, dass der Sprung im Knochen durch die quere Leiste des Fersenbeinhöckers oder kranial von ihr erfolgt und dass das Bruchstück durch den plötzlichen Zug der Achillessehne hochgerissen wird. „ Sein caudaler Rand ist direkt unter der Haut zu sehen und zu tasten. Die Haut über der Bruchkante ist vorgewölbt, weiß und blutleer und darunter eingezogen. Wenn der Verletzte verspätet eingeliefert wird, kommt es zur Hautnekrose über der scharfen Bruchkante. Bei der Gruppe 1a hingegen besteht keine Gefahr für die Haut, weil die Achillessehne zwischen ihr und dem Bruchstück liegt.“ (Böhler, 1977).

Die Fersenbeinbrüche der Gruppe 1c unterscheiden sich von der Gruppe 1a dadurch, dass das Bruchstück nicht in Form eines Entenschnabelbruches hochgekippt sondern durch den Zug der Achillessehne parallel zur Bruchfläche mehr oder weniger weit hochgezogen wird.

Die Fersenbeinbrüche der Gruppe 2 kommen durch den Sturz auf die Ferse bei Pronation und Dorsalflexion des Fußes zustande. Dadurch wird der Proc. Med. des Tuber calcanei abgesichert und manchmal cranialwärts verschoben.

Brüche des Sustentaculum tali (Gruppe 3a) entstehen durch einen Sturz auf den supinierten Fuß.

Die Fersenbeinfortsatzbrüche der Gruppe 3b kommen bei starker Dorsalbeugung des Fußes durch Abscherung zustande. Dadurch wird der schnabelförmige Fortsatz an der Medialseite der dorsalen Kante des vorderen Fortsatzes abgebrochen.

Bei den Abscherungs- und Biegungs Brüchen des Tuber calcanei (Gruppe 4) kommt es zur Abscherung des hinteren Randes, wenn der Verletzte beim Sturz mit der Ferse auf einen Gegenstand fällt, so dass der Fuß in Plantarflexion gerät. Dabei kommt es zur Abscherung des hinteren Randes des Tuber calcanei mit dem Proc. med., während der Proc. lat. mit dem Hauptbruchstück in Verbindung bleibt.

Bei den Brüchen der Gruppe 5-8 handelt es sich immer um intraartikuläre Fersenbeinbrüche, die gewöhnlich durch einen senkrechten Sturz bei gestreckten Kniegelenken und häufig bei Pronationsstellung des Fußes entstehen.




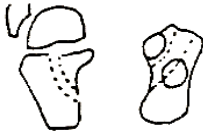




| | AO | Böhler | Essex--Lopresti |
|---|------|-----------|-----------------|
|  | B1/1 | Gruppe 3b | Typ 1Ba |
|  | B1/2 | Gruppe 1 | Typ 1Aa |
|  | B1/3 | Gruppe 2 | Typ 1Ab |
|  | B2/1 | Gruppe 3a | Typ 2Bc |
|  | B2/2 | Gruppe 4 | Typ 2A |
|  | B3/1 | Gruppe 5 | Typ 2Ba |
|  | B3/2 | Gruppe 6 | Typ 2Bb |
|  | B3/3 | Gruppe 8 | Typ 2Bd |

Abb. 2.4 – 1 Fraktуреinteilung nach AO, Böhler, Essex-Lopresti
aus: Stockenhuber K. et al. (1991) Die konservative und semikonservative Behandlung
der Kalkaneusfraktur Orthopäde 20: 43-54

Auch die von **Köhnlein und Weller (1961)** entwickelte Einteilung in 4 Typen basiert letztlich auf der Klassifikation von Lorenz Böhler (Köhnlein et al; 1961). Sie ist auf eine vorwiegend konservative Behandlung ausgerichtet und wird den heutigen Anforderungen nicht gerecht.

| | |
|--------------|--|
| Typ 1 | Trümmerbrüche des Fersenbeinkörpers mit Verschiebung der Gelenksfläche oder Verrenkung und Teilverrenkungen (entsprechen Gruppe 5-8 nach Böhler) |
| Typ 2 | Brüche des Fersenbeinkörpers ohne Verschiebung der Gelenksflächen (entsprechen Gruppe 4 nach Böhler) |
| Typ 3 | Brüche des Proc. medialis des Tuber oder des Sustentaculum tali (entsprechend Gruppe 2 und 3 nach Böhler) |
| Typ 4 | Abrissbrüche des Tuber calcanei, „Entenschnabelbrüche“ (Gruppe 1 nach Böhler) |

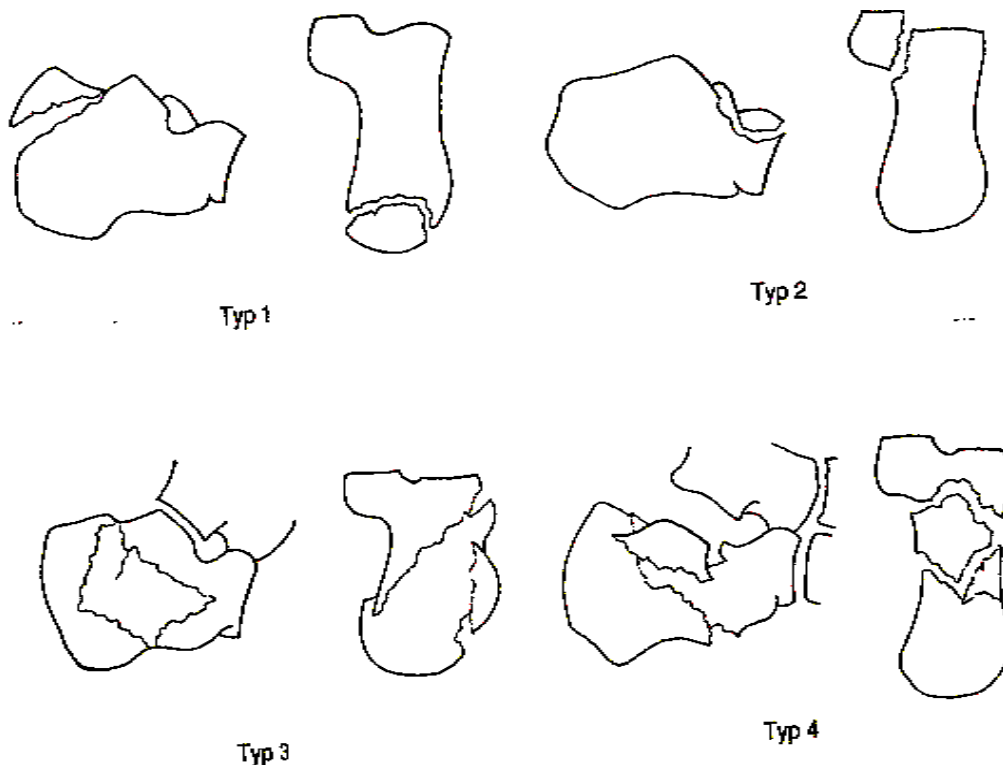


Abb. 2.4 – 2 Klassifikation von Calcaneusfrakturen nach Köhnlein und Weller
aus: Köhnlein HE, Weller S (1961) Die verschiedenen Formen der Fersenbeinfrakturen und ihre Behandlung. Arch Orthop Unfall-Chir 52:614-621

Paitre und Boppe (1935) stellten erstmals die sogenannte subthalamische (subtalare Region) in den Mittelpunkt der Einteilung (Tanke, 1982). Sie führten die Begriffe der „Horizontalisierung“ und der „Vertikalisierung“ der intraartikulären Calcaneusfrakturen ein.

Klassifikation nach Jimeno-Vidal (1935)

Jimeno-Vidal trug 1935 auf der 44. Jahrestagung der französischen Chirurgenvereinigung in Paris eine Klassifikation von typischen Calcaneusfrakturen vor (Jimeno-Vidal, 1935; Mutschler, 1988).

Er teilte sie ein in:

1. isolierte Frakturen der Tuberositas (Tuber calcanei)
2. Frakturen des Corpus calcanei
3. isolierte Frakturen des Sustentaculum tali

Klassifikation nach Essex- Lopresti (1952)

Die zunächst wohl wichtigste und am häufigsten angewandte Klassifikation stammt von **Essex-Lopresti**, der die Calcaneus Frakturen in 2 Typen unterteilte: den Tongue-Type und Joint-depression Type (siehe auch Abb.2.4-2),(Essex-Lopresti, 1952). Der Tongue-Type beschreibt die Vertikalverschiebung der subtalaren Gelenkregion, der Joint depression-Type die horizontale Impaktierung der hinteren subtalaren Gelenkfläche. Damit sind die beiden Schlüsselfragmente der intraartikulären Frakturen genannt, die man zuerst reponieren sollte. Beim Tongue-Type muss das impaktierte Zungenfragment gelöst und zurückgekippt werden. Beim Joint depression- Type muss dagegen das imprimierte Fragment angehoben und eventuell mit Spongiosa unterfüttert werden.

Die Einfachheit dieser Klassifikation begünstigte die weltweite Verbreitung. Es wurde jedoch bald ein entscheidender Nachteil deutlich: der sog. Joint depression-Type umfasste zu viele verschiedene Frakturtypen, die sich sowohl in ihrer Prognose wie auch in dem anzuwendenden Behandlungskonzept teilweise grundlegend unterschieden. Es wurden deshalb von mehreren Autoren Ergänzungen dieses Klassifikationsschemas vorgeschlagen, die Parameter wie Unfallmechanismus, Lage der primären Frakturlinie und Anzahl der Fragmente berücksichtigte (Burdeaux, 1993; Levin et al;1993; Ross et al;1985; Stephenson, 1993).

Klassifikation nach Watson-Jones (1955)

Watson-Jones schlägt die Einteilung nach

A= extraartikulär

B= intraartikulär (ohne Dislokation)

C= intraartikulär mit Dislokation vor (Watson-Jones, 1955)

Klassifikation nach Rowe (1963)

Rowe et al. unterteilte wie auch viele andere Autoren die Calcaneusfraktur in 5 Kategorien, schenkte aber z.B. der facies articularis posterior wenig Beachtung (Rowe et al; 1963). Die Gruppen 1, 2 und 3 entsprechen sinngemäß der Gruppe 1 nach Essex-Lopresti, während Gruppe 4, 5a und 5b den Gruppen intraartikulär ohne und mit Dislokation entsprechen. Diese prinzipielle Unterteilung ist durchaus berechtigt, da die extraartikulären Frakturen nur einen geringen Prozentsatz aller Fersenbeinfrakturen ausmachen, leichter zu behandeln sind und eine wesentlich bessere Prognose haben als die intraartikulären Verletzungen.

Klassifikation von Kalkaneusfrakturen nach Rowe et al.

| | | |
|-------------------|--|--|
| Bereich | Radiologische Klassifikation | |
| Häufigkeit | Häufiger | |
| Literatur | Rowe CR, Sakellarides HT, Freeman PA, Sorbie C (1963) Fractures of the os calcis. A long-term follow-up study of 146 patients. J Am Med Ass 184: 920-923 | |
| Anmerk. | In Anlehnung an Watson-Jones | |
| Type 1 | A: | Fractures of tuberosity |
| | B: | Fractures of sustentaculum tali |
| | C: | Fractures of anterior process |
| Type 2 | A: | "Break" fractures |
| | B: | Avulsion fractures of tendo achillis insertion |
| Type 3 | A. and B: Oblique fractures not involving subtalar joint | |
| Type 4 | A. and B: Fractures involving subtalar joint | |
| Type 5 | A. and B: Central depression with varying degrees of comminution | |

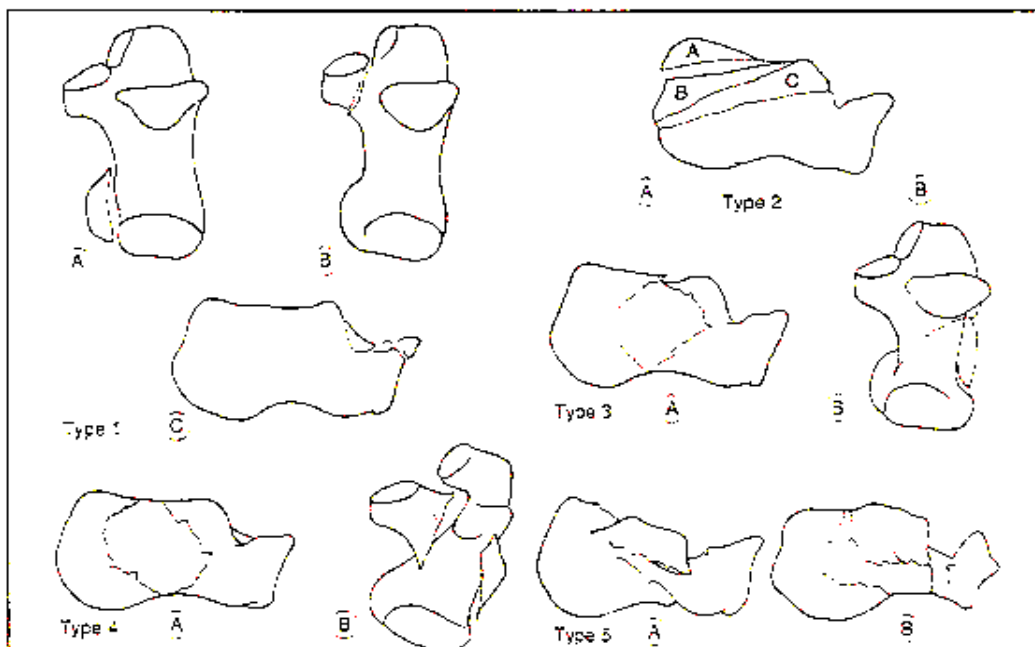


Abb. 2.4 – 3 Klassifikation von Calcaneusfrakturen nach Rowe et al.
aus: Rowe CR, Sakellarides HT, Freeman PA, Sorbie C. (1963) Fractures of the os calcis. A long-term follow- up study of 146 patients. JAMA 184: 920-923

Klassifikation nach Soeur und Remy (1975)

Etwas schlichter stellt sich das Schema von Soeur und Remy dar (Soer et al; 1975). Es wird zwischen extraartikulären und intraartikulären Frakturen unterschieden, letzterer Typus dabei noch einmal in drei Gruppen aufgeteilt (Fragmentabscherung / Abscherung mit Kompression / völlige Zertrümmerung).

Klassifikation nach Stephenson (1987)

Sich auf Warrick und Bremner beziehend beschrieb Stephenson im lateralen und im axialen Röntgenbild zunächst den Verlauf der primären Frakturlinie, die lateral, durch oder anteriomedial der Facies posterior verlaufen kann. Weiter unterteilte er die Frakturen in Scher- und Kompressionsbrüche oder Kombinationsverletzungen (Stephenson, 1987). Im axialen Bild können 2- oder 3-Fragmentbrüche unterschieden werden, wobei die 3-Fragmentbrüche den Scherkompressionsbrüchen mit Verrenkung der Facies posterior entsprechen (siehe Abb. 2.4-4).

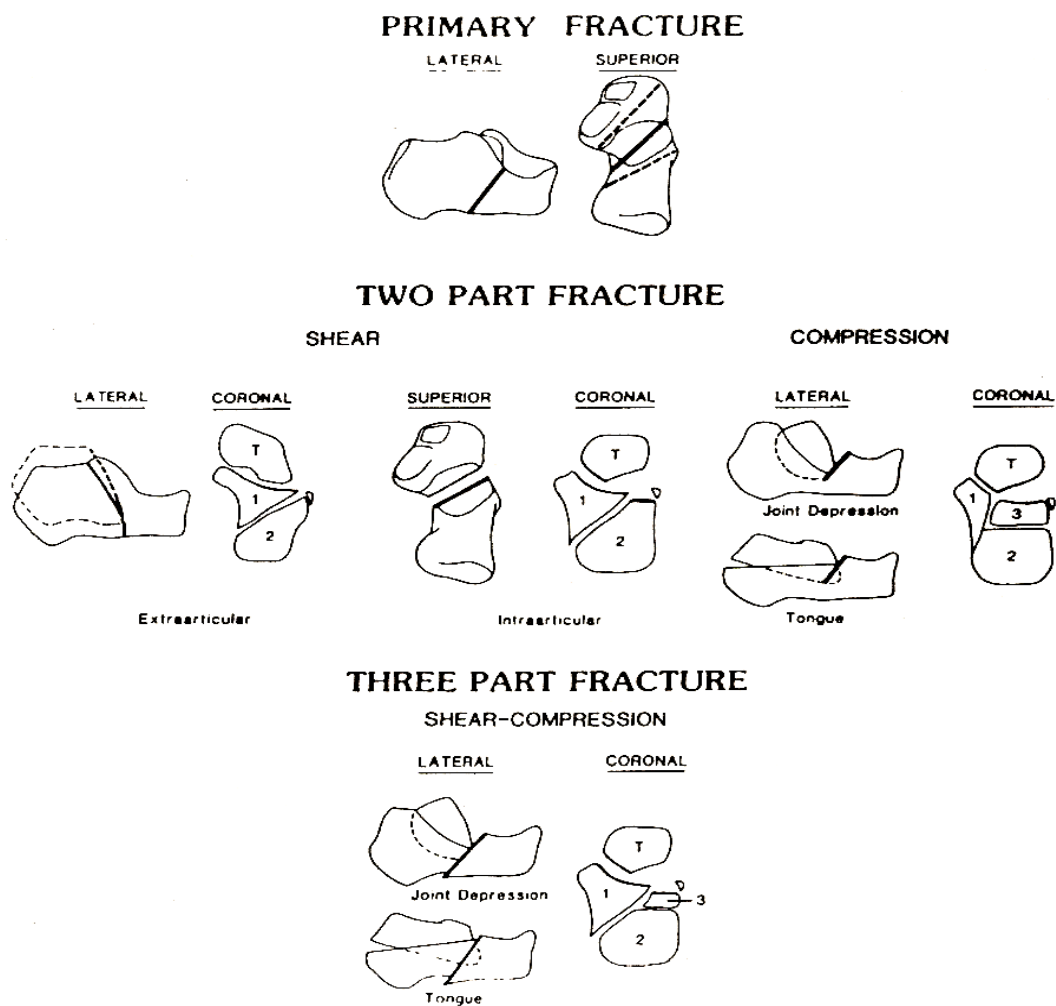


Abb. 2.4 – 4 Klassifikation nach Stephenson
aus: **Stephenson JR (1993)** Surgical treatment of displaced intraarticular fractures of the calcaneus
Clin Orthop 290:68-75

Einen vergleichenden Überblick verschiedener Klassifizierungen zeigt Tabelle A. Betrachtet man diese Klassifikationen unter dem Blickwinkel der modernen diagnostischen Hilfsmittel wie z.B. der CT, scheint, dass die Böhlersche Gruppe an Bedeutung gewinnt, da sie jetzt genauer zu diagnostizieren ist und bei starker Dislokation eine operative Refixation in Erwägung zu ziehen ist. Für die hintere Gelenkregion ist die Beschreibung der Schlüsselfragmente nach Essex-Lopresti hilfreich; die Böhlersche Einteilung der Gruppen 5-8 ist eher zu umfangreich. In all diesen Klassifikationen fehlt der Hinweis auf offene Frakturen.

Einen entscheidenden Wandel für die Klassifikation der Calcaneus Frakturen brachte die Einführung des CT s. Axiale und koronare Schnittebenen lenkten das Hauptaugenmerk weg vom „Böhler Winkel“ zur Bewertung der Gelenkverletzung, insbesondere zur spezifischen Analyse der posterioren Facette und des Calcaneo-Cuboid Gelenks

| | Böhler | Köhnlein Weller | Jimeno-Vidal | Essex-Lopresti | Watson- Jones |
|---|------------------|----------------------------|---------------------|--|--------------------------|
| Extraartikulär | 1 2 4 | 4 2 | A | A | A |
| Intraartikuläres vorderes Gelenk | 3 | 3 | B | (B) A | (B) A |
| Intraartikuläres vorderes und hinteres Gelenk | 5 6 7 8 | 1 | C | B joint depr. B tongue B unklassifiziert | C |

Tabelle A : Vergleichende Darstellung einiger Klassifikationen von Calcaneusfrakturen
aus: Mutschler W (1988) Der Fersenbeinbruch- detaillierte Diagnostik, Klassifikation und Konsequenzen
für die Therapie Unfallchirurg 91:486-492

Klassifikation nach Crosby und Fitzgibbons (1990)

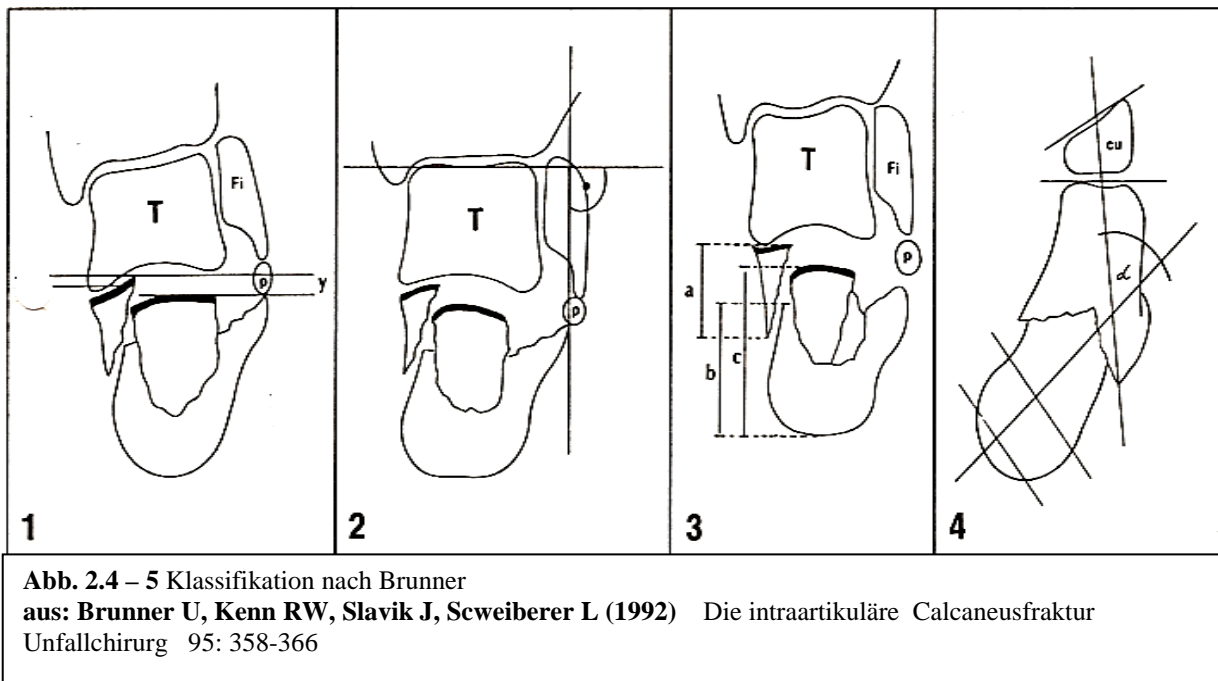
Unter den ersten, die, ausgehend vom CT, neue Klassifikationen vorschlugen, waren **Crosby und Fitzgibbons** (Crosby et al; 1990). Sie unterteilten die intraartikulären Frakturen in drei Gruppen. Beim **Typ 1** geht die Frakturlinie durch die posteriore Facette des Calcaneus und es sind weniger als 2 mm Trennung oder Vertiefung der Fragmente oder beides vorhanden.

Beim **Typ 2** der intraartikulären Fersenbeinfraktur geht die Frakturlinie ebenfalls durch die posteriore Facette des Calcaneus und es sind mehr als 2mm Trennung oder Vertiefung der Fragmente oder beides vorhanden. Die Hauptfragmente der Fraktur sind groß und es ist keine Splitterung der Gelenkfragmente ersichtlich.

Eine **Typ 3** Fraktur ist dadurch gekennzeichnet, dass die intraartikuläre Frakturlinie durch die posteriore Gelenkfacette geht und eine ausgeprägte Splitterung der Fragmente stattgefunden hat. Die Fragmente der Fraktur sind multibel und klein und die Gelenkfacette der posterioren Facette des Calcaneus ist gesplittert.

Klassifikation nach Brunner (1992)

Brunner et al. haben eine Fraktуреinteilung im CT vorgeschlagen, bei der zwischen extra und intraartikulären Frakturen unterschieden wird (Brunner et al; 1992). Die intraartikulären Frakturen werden nach Anzahl der Gelenkfragmente der facies posterior prognostisch geordnet. Alle Frakturen werden nach Dislokationsgrad von Breite, Höhe, Achse sowie Gelenkstufe individuell bewertet. Dies ermöglicht einfache, therapeutisch relevante Aussagen, wobei die Hypothese zugrunde gelegt wird, dass Dislokationen ein ungünstiges Kriterium darstellen und reponiert werden sollten.



Klassifikation nach Sanders (1993)

Das Klassifikationssystem von **Sanders et al.** (Sanders, 1995) basiert auf einer früheren Arbeit von **Soer und Remy**. Sanders unterteilt die posteriore Facette in 3 Säulen. Die Frakturen werden entsprechend der Lokalisation der primären Frakturlinie sowie der zusätzlichen Frakturlinien aufgeteilt. Der Talus wird mit Hilfe von zwei Linien **A** und **B** in drei gleichwertige Säulen unterteilt. Diese zwei Linien unterteilen die posteriore Facette des Calcaneus in eine mediale, zentrale und laterale Säule. Eine dritte Frakturlinie **C** verläuft am medialen Rand der posterioren Facette des Talus, trennt die posteriore Facette vom Sustentaculum und bildet somit eine vierte Säule. Die Linien werden von lateral nach medial mit A, B und C bezeichnet, weil bei einer Nummerierung von medial die intraoperative Sicht des Gelenkes schwieriger wird und die Möglichkeit der anatomischen Reposition sinkt.

Alle nicht dislozierten Gelenkfrakturen werden unabhängig von der Anzahl der Frakturlinien als **Typ 1 Frakturen** bezeichnet.

Typ 2 Frakturen sind 2-Fragment Frakturen der posterioren Facette, genau wie bei der Splitterfraktur des Tibiaplateaus. Sie werden weiterhin in die Gruppen 2A, 2B, und 2C, die abhängig vom Verlauf der ersten Frakturlinie sind, unterteilt.

Typ 3 Frakturen sind durch 3 Fragmente gekennzeichnet, deren besonderes Merkmal ein zentrales Hauptfragment, genau wie beim Splitterbruch der Tibia oder des distalen Radius, ist. Auch hier erfolgt die Unterteilung in die Gruppen 3AB, 3AC und 3BC.

Typ 4, oder 4-Gelenk Frakturen sind verhältnismäßig oft zersplittert und deshalb existieren auch oft mehr als vier Teile.

Es werden folgende Therapievorschlage gemacht:

Typ 1: diese Frakturen sollen konservativ behandelt werden

Typ 2-4: operative Versorgung

Schwere Trummerfrakturen tragen die Bezeichnung **Typ 4**; bei dieser Klasse wird die Arthrodesese als vernunftigste Versorgungsart empfohlen.

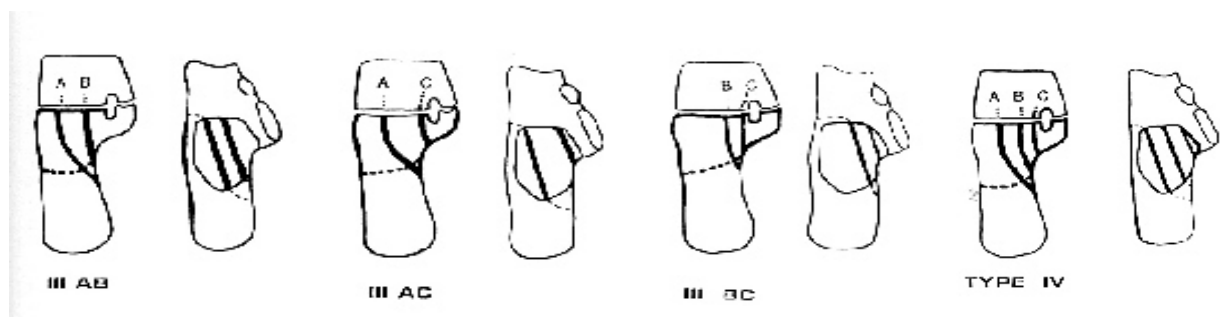


Abb. 2.4 – 6 Klassifikation nach Sanders

aus: **Sanders R. (1993)** Operative Treatment in 120 displaced Intraarticular Calcaneal Fractures
Clin Orthopaedics 290 87-95

Klassifikation nach Eastwood (1993)

Eastwood et al. (Eastwood, 1993) schlugen eine Klassifikation entsprechend der Destruktion dreier Hauptfragmente vor (s.u.). Die seitliche Wand des frakturierten Calcaneus ist der erste Teil des Knochens, der bei einem lateralen Zugang freigelegt wird.

Eastwood et al. konnten herausfinden, dass die Zusammensetzung der Knochen, die während der Op gefunden wurde, bereits im präoperativen CT befundet werden konnte.

Diese Tatsache war vor allem sehr wichtig für den Erfolg der Einrichtung des lateralen Gelenkfragments und des Sustentaculum tali. Bei über 120 CTs wurde die Verschiebung jedes Fragments hinsichtlich der anderen Fragmente und des Talus gemessen.

Das „**Corpus Fragment**“ ist sehr häufig keilförmig und war in 111 von 115 Fällen 6 mm (2 bis 12) zur medialen Wand hin verschoben. In 4 Fällen gab es keine signifikante Verschiebung. Der normale Winkel der Rotation des „Corpus Fragments“ erhöhte sich in 104 Fällen von mean 10° (range 0 bis 30) zu 20° (5 bis 50) und wurde in 5 Fällen geringer.

Das „**Sustentaculäre Fragment**“ besteht aus dem Sustentaculum tali und der sup. med. Wand des Calcaneus. Wie schon zuvor auch von anderen Autoren beschrieben, verliert das „Sustentaculäre Fragment“ aufgrund seiner Ligamente nur selten seine Lagebeziehung zum Talus.

Eine wirkliche Trennung des **lat. Gelenkfragments** vom Talus in Richtung des Körperfragments war sehr selten und fand nur um 8.4 mm (3 bis 20) in 8 Fällen statt.

Schließlich kann man in Bezug auf die Gelenkfläche des Talus bei 93 Fällen eine Valgus Rotation (mean 25° ; range 5 to 58), in 11 Fällen eine Varus Rotation (mean 8°; range 2 to 15) und in 11 Fällen keine Rotation feststellen. Folgende „Three-part-Fraktur-Klassifikation“ wurde eingeführt:

- Typ 1:** Die sichtbare laterale Wand besteht alleine aus dem lateralen „Gelenkfragment“.
- Typ 2:** Die laterale Wand wird superior vom lateralen „Gelenkfragment“ und inferior vom „Corpus Fragment“ gebildet
- Typ 3:** Die laterale Wand besteht einzig und allein aus dem „ Körperfragment“

Bei der Altersverteilung von Calcaneus Frakturen kamen Eastwood et al. zu folgenden Ergebnissen:

die Patienten mit Typ 1 Frakturen waren jünger als in den restlichen Gruppen (mittleres Alter 41), das lat. Gelenkfragment befand sich meistens in der Valgusstellung (im Mittel 28 °) und das Sustentaculäre Fragment befand sich in 48 % in der Varusstellung.

Die Patienten mit einer Typ 2 Fraktur sind im Durchschnitt 46 Jahre alt, das lat. Gelenkfragment befand sich weniger oft in der Valgusstellung (im Mittel 18°) und das Sustentaculäre Fragment war nur in 29 % der Fälle gedreht. Außerdem kam es fast immer zu einer Splitterung der lateralen Wand; 34% der Patienten waren davon schwerer betroffen.

Von einer Typ 3 Fraktur waren Patienten um die 50 Jahre betroffen; es kam nicht zu einer signifikanten Rotation des lat. Gelenkfragments und auch das sustentaculäre Fragment war nur in 29 % der Fälle gedreht.

Demgegenüber entwickelten **Carr et al. (1994)** eine Klassifikation, welche das Fersenbein in eine mediale und laterale Säule unterteilt und die Destruktion der posterioren Facette wie auch des CC- Gelenks berücksichtigt (Carr, 1994).

Klassifikation nach Levin Nunley (1993)

Levin und Nunley (Levin et al; 1993) unterscheiden den Weichteilschaden bei Calcaneus Frakturen in 6 Untergruppen.

Typ 1 (**A1**) : geschlossene Frakturen, die mit offener Reposition behandelt wurden, und einer internen Fixation, ohne die Möglichkeit, den Weichteilmantel zu schließen.

Typ 2 (**A2**) : Wundheilungsstörung nach offener Reposition

Typ 3 (**B1**) : offene Fraktur des Calcaneus mit traumatischem Weichteilschaden, aber mit intaktem Knochen

Typ 4 (**B2**) : traumatischer Weichteil- und Knochenschaden

Typ 5 (**C**) : Osteomyelitis des Calcaneus

Typ 6 (**D**) : labiler Weichteilschaden über dem Calcaneus

Klassifikation nach Zwipp et al. (1993)

Zwipp und Tscherne (Zwipp et.al; 1989) entwickelten ein Klassifikationsschema, das den Calcaneus in 5 Hauptfragmente und 3 Gelenke unterteilt. Die Frakturen werden entsprechend der Anzahl der betroffenen Hauptfragmente und Gelenke eingeteilt, wobei für das endgültige Scoring noch zusätzlich der Weichteilschaden berücksichtigt wird. Gegenüber anderen Klassifikationen hat diese X- Fraktur / Y-Gelenk-Klassifikation neben einfacher Praktikabilität einen hohen prognostischen Aussagewert. Sie kann einfache, extraartikuläre Frakturen (z.B. Entenschnabelbruch) als eine 2-Fragment / 0-Gelenkfraktur = 2 Punkte erfassen, die isolierte Impressionsfraktur der Calcaneo-Cuboid-Gelenkfacette als 2 Fragment / 1-Gelenkfraktur = 3 Punkte, bis hin zur sog. „ blow out fracture “ entsprechend 8 Punkten (5-Fragment/3-Gelenkfraktur). Ein additives Punkt-System kann zur besseren Vergleichbarkeit der Frakturschwere und des Weichteilschadens geschlossener (g1-g3) oder offener Frakturen(01-03) mit zusätzlichen 1-3 Punkten in die Beurteilung miteinbeziehen. Die Schwere der Gesamtverletzung durch eine Trümmerzone eines der 5 Hauptfragmente oder eines Zusatzbruches wie einer konkomitanten Außenknöchel-, Talus- oder Cuboidfraktur wird durch einen zusätzlichen 12. Punkt berücksichtigt. Eine 5-Fragment-3-Gelenkfraktur kann somit neben den 8 Grundpunkten durch einen drittgradigen Weichteilschaden oder durch die drittgradig offene Fraktur sowie eine Trümmerzone oder Zusatzverletzung max. 12 Punkte erreichen.

Die vorliegende Frakturklassifikation erlaubt aufgrund von Analysen von Zwipp einen hohen praediktiven Wert hinsichtlich des operativen Erfolges (Abb. 2.4.7).

Es kann so beispielsweise vorausgesagt werden , dass ein Patient mit einem Punkte-Score von 6 Punkten mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit (86 %) ein exzellentes Ergebnis, Patienten mit einer Punktezahl von bis zu 8 Punkten aller Wahrscheinlichkeit nach ein gutes, Patienten zwischen 8-10 Punkten eher ein befriedigendes und Patienten mit 11-12 Punkten nur ein schlechtes Ergebnis erwarten können, weshalb zwischenzeitlich die Op-Indikation für letztere Gruppe relativiert werden muß.

| 2 Fragment | | 3 Fragment | |
|------------------|--|------------|--|
| | | | |
| kein Gelenk | | 1 Gelenk | |
| | | | |
| Sublux. 1 Gelenk | | 1 Gelenk | |
| 4 Fragment | | 5 Fragment | |
| | | | |
| 1 Gelenk | | 2 Gelenk | |
| | | | |
| | | 3 Gelenk | |

Abb. 2.4 – 7 Klassifikation nach Zwipp et al.

aus: **Zwipp H, Tscherne H, Wülker N, Grote R (1989)** Der intraartikuläre Fersenbeinbruch : Klassifikation, Bewertung und Operationstechnik, Unfallchirurg 92: 121

Keines der oben genannten Klassifikationsschemata kann jedoch all die anfänglich erwähnten Kriterien erfüllen. Das Essex-Lopresti-Schema ist zwar leicht verständlich und klinisch problemlos anwendbar, gibt jedoch nur wenige Entscheidungskriterien für das operative Vorgehen und erlaubt keine wesentliche Vorhersage über das zu erwartende Langzeitergebnis. Demgegenüber kann von der Sanders-Klassifikation, die ebenfalls relativ einfach klinisch anwendbar ist, ein therapeutisches Vorgehen abgeleitet werden so wie auch das voraussichtliche Langzeitresultat. Abschließend ist festzustellen, dass das Zwipp-Schema momentan am besten zur vergleichenden Beurteilung bei komplexen Frakturen geeignet ist. Weitere Schlüsselfragen bezüglich der Beteiligung der Gelenkflächen, Knorpelschäden und bezüglich einer Rekonstruktion aufgrund des Frakturmusters lassen sich durch Standardröntgenaufnahmen, CT und die folgenden vereinfachten Klassifikationen beantworten.

AO Klassifikation der Calcaneusfrakturen (Müller et al; 1990)

Sie stellt einen akzeptablen Kompromiss im einfachen Gebrauch bei genügender deskriptiver Genauigkeit dar (siehe auch Abb.2.4-2). Die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese stellte folgende Klassifikation der Calcaneusfrakturen auf (B = Calcaneusfraktur):

- B 1 : Periphere Frakturen
- B 1/1: Bruch des Processus anterior
- B 1/2: Bruch des Tuber calcanei (Entenschnabel)
- B 1/3: Bruch des Tubermassivs
- B 2 : Intraartikuläre Frakturen des unteren Sprunggelenks ohne Impression

Klassifikation von Regazzoni (1993)

Regazzoni gibt eine Einteilung an, die den Prinzipien der AO Klassifikation folgt und sich auf 6 Frakturtypen reduziert (Regazzoni et al; 1993). Periphere Frakturen gehören zu den Typen A1- A2- Frakturen, diejenigen, die die subtalaren Gelenkflächen betreffen, werden als B1- bzw. als B2- Frakturen bezeichnet und die ausgesprochenen Trümmerfrakturen bzw. solche mit zusätzlicher Beteiligung des Kalkaneokuboidalgelenks bilden die Frakturen C1 bzw. C2. Im speziellen werden unterschieden:

- Typus A:** periphere extraartikuläre Frakturen
 - A1:** Abrissfrakturen des Sustentaculum tali, Frakturen des Processus medialis bzw. Processus posterior tuberis calcanei
 - A2:** Entenschnabelbruch
- Typus B:** intraartikuläre Frakturen des unteren Sprunggelenks
 - B1:** unverschobene Gelenkfrakturen
 - B2:** einfache Gelenkfraktur mit verschoben(en) großen Fragment(en)
- Typus C:** komplexe Gelenkfrakturen
 - C1:** subtalare Trümmerfraktur
 - C2:** schwere Trümmerfraktur des subtalaren und kalkaneokuboidalen Gelenks

Danach besteht für die A1- und B1-Frakturen die Möglichkeit zur konservativen Behandlung und für die A2- und B2 –Frakturen eine gute Indikation für die operative Rekonstruktion der Anatomie. Für die beiden C- Typen muss die Verfahrenswahl individuell abgewogen werden.

1.6. EPIDEMIOLOGIE

Wie bereits in der Einleitung dargestellt, handelt es sich bei den Calcaneusfrakturen um sehr seltene Frakturen, denn von 1 025 232 meldepflichtigen Unfällen (Arbeits- und Wegeunfälle) im Jahre 2001 waren 171 902 Verletzungen im Bereich des Knöchels und Fußes (= 16,8 %) und nur knapp 2 % aller Frakturen sind Fersenbeinfrakturen (Reha, 2002).

Eine Calcaneusfraktur führt zu subjektiven Beschwerden, die zu einer erheblichen Gangbehinderung zur Folge haben, was sich z. B. an den Zahlen des Hauptverbandes der Gewerblichen Berufsgenossenschaften nachweisen lässt (Reha, 2002) : von erstmals im Jahre 2000 entschädigten Arbeits- und Wegeunfällen waren 1133 Calcaneusfrakturen, deren stationäre Behandlung in 90 % der Fälle nach 70 Tagen abgeschlossen war. Außerdem hatten diese Frakturen eine durchschnittliche Arbeitsunfähigkeit von 196 Tagen und eine durchschnittliche MdE (Minderung der Erwerbsfähigkeit) von 16,9 % zur Folge. Im Vergleich dazu liegt die MdE bei Frakturen im Bereich der Wirbelsäule bei 9,3 % und bei Verletzungen im Bereich der Hand bei 6,2 %. Im Bereich der medizinischen Rehabilitationsmaßnahmen im Jahre 2001 benötigten 2 115 von 2 491 Fällen eine stationäre Behandlung, und es gab nur einen Fall mit teilstationärem Aufenthalt. Außerdem war bei 43 Fällen eine häusliche Krankenpflege nötig, und 1092 Patienten benötigten orthopädische Hilfsmittel (Reha, 2002).

Anhand Tabelle B, die die Rehabilitationsfälle nach verletzter Körperregion und Verletzungsfolge darstellt, ist ersichtlich, dass die Körperregionen Knöchel und Fuß die höchsten Funktionsstörungen der Gelenke aufweisen: von 30 110 Fällen sind 713 Patienten betroffen; im Vergleich zur Hand sind von 25 564 Patienten nur 285 betroffen. Außerdem ist bei dieser Art von Verletzungen der Anteil der Knochensubstanzschäden und Deformierungen am prägnantesten.

| Verletzte Körperregion | Insgesamt | Keine Folgen | Funktionsstörung der Gelenke | Amputation | Knochen substanzschäden und deformierungen | Entzündungen | Schmerzen | Narben | Sonstige Folgen |
|------------------------|-----------|--------------|------------------------------|------------|--|--------------|-----------|--------|-----------------|
| Hand | 25 564 | 16 472 | 285 | 1 494 | 270 | 75 | 91 | 428 | 6272 |
| Knöchel, Fuß | 30 110 | 16 411 | 713 | 236 | 312 | 39 | 110 | 231 | 11 990 |

Tabelle B: Rehabilitationsfälle nach verletzter Körperregion und Verletzungsfolge
aus: Reha 2000 (2002) Rehabilitation und Rehab. Statistik in der gesetzlichen Unfallversicherung Hauptverband der gewerblichen BGS Sankt Augustin

1.7. BEHANDLUNG DER CALCANEUSFRAKTUR

1.7.1. HISTORISCHER ÜBERBLICK

Die Entwicklung in der Therapie des intraartikulären Fersenbeinbruchs ist im wesentlichen durch 3 Phasen gekennzeichnet:

Die **konservative Phase** war von der fehlenden bildgebenden Diagnostik geprägt; deshalb gaben Hippokrates, Lisfranc, Malgaigne und andere berühmte Chirurgen bis ins 19. Jahrhundert lediglich die therapeutische Empfehlung, den Fuß hochzulagern, feuchte Verbände anzuwenden und 3 Wochen Bettruhe zu halten.

Noch 1768 bestand die Therapie bei offenen Fersenbeinbrüchen darin, den Rückfuß abzusägen, um dem gefürchteten Tetanus vorzubeugen (Pott, 1768). Cooper empfahl 1835 Eiweißverbände mit Baumwollscharpie, und, falls darunter die Ferse gangränös wurde, führte er die Amputation des Fußes durch (Cooper, 1835).

Erst durch die Verbesserung der diagnostischen Mittel begann die **semiooperative Phase**. So beschrieb Goff nach Durchsicht von 156 Beiträgen zur Behandlung des Fersenbeinbruchs aus der Zeit von 1720 bis 1936 allein 41 verschiedene halboffene bis offene Verfahren (Goff, 1938). Sie reichten vom Einbringen einer Kängurusehne (Eisendraht, 1905) oder eines Silberdrahtes (Whiteside, 1918) über das Einbolzen einer Knochenplatte (Leriche, 1929) bis zur Astragalektomie (Soubeyran et al; 1903), Lenormant, Murray und Palmer (Lenormant et al; 1928; Murray, 1940; Palmer, 1984) erkannten die Notwendigkeit der Knochenunterfütterung beim impaktierten Depressionsbruch der posterioren Facette. Bis zu Beginn der 80er Jahre bestand eine allgemeine Verunsicherung des therapeutischen Vorgehens: z. B. hat Böhler sein therapeutisches Vorgehen bei keiner anderen Fraktur so oft geändert wie bei der Fersenbeinfraktur (Böhler, 1977).

1980 beginnt die **operative Phase** vor allem durch innovative Entwicklungen wie das CT, das eine bessere Erkennung der Frakturpathologie möglich machte. Die offene anatomische Einrichtung und primär übungsstabile, nicht gelenkübergreifende Osteosynthesen stellten das neue operative Vorgehen bei intraartikulären Fersenbeinbrüchen dar. Neben Verbesserungen in der Osteosynthesetechnik haben vor allem auch mikrochirurgische Operationstechniken wie die freie mikrovaskuläre Lappentransplantation die Grenzen der oft kritischen Weichteilverhältnisse am Fersenbein in der operativen Behandlung durchbrochen. Daher gelten seit Beginn der 80er Jahre für eine Reihe von Autoren die gleichen operativen Prinzipien wie bei jedem anderen Gelenkbruch, d. h. Wiederherstellung der Gelenkflächen und der äußeren Form mittels stabiler, nicht gelenkübergreifender Osteosynthese zur frühfunktionellen Nachbehandlung.

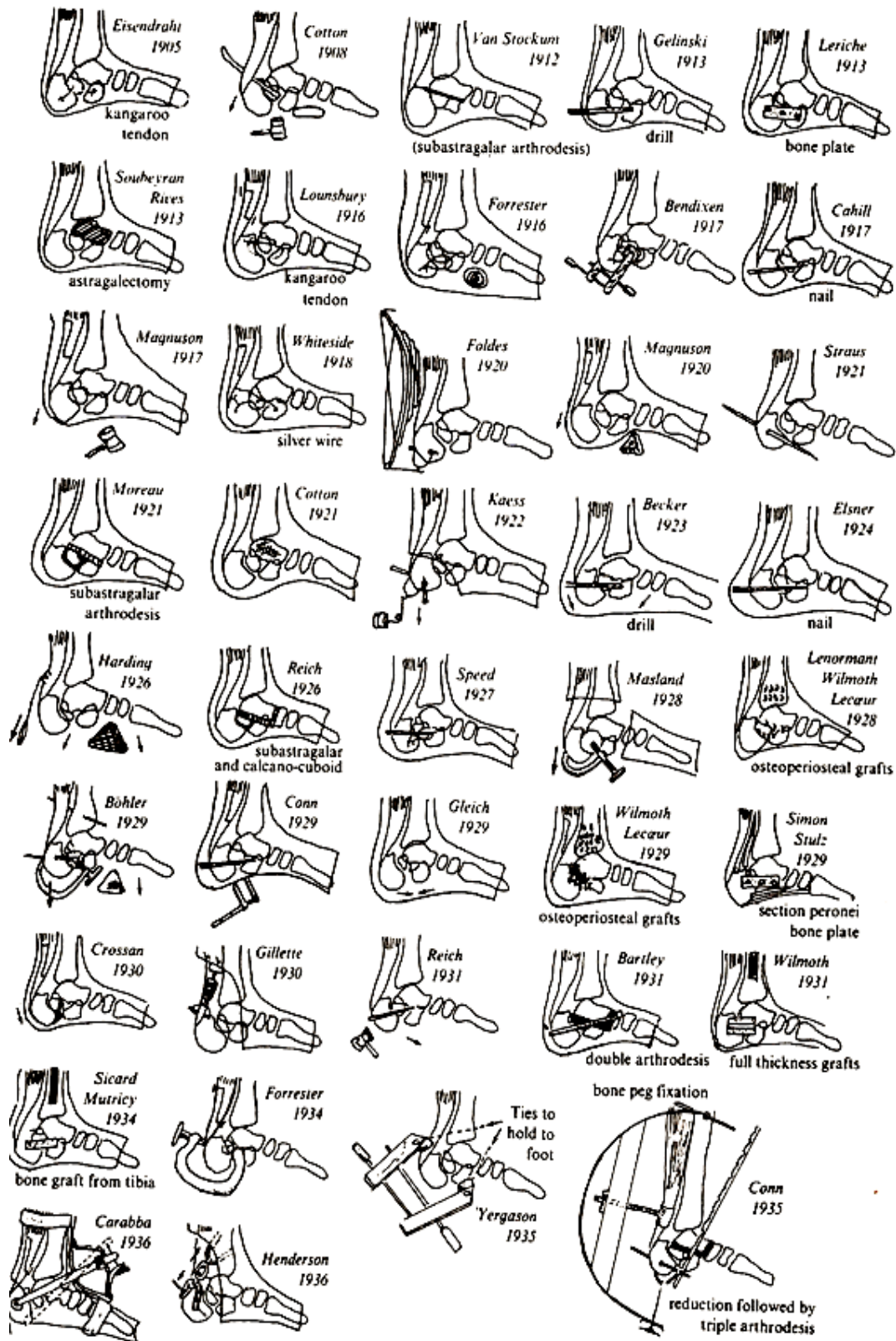


Abb. 2.6.1 – 1 Behandlungsmethoden der Fersenbeinfraktur zwischen 1905 und 1936
 Aus: Goff CW. (1938) Fresh fracture of the os calcis. Arch Surg 36: 744-65

1.7.2. KONSERVATIVE THERAPIEKONZEPTE

Unter der konservativen Therapie versteht man die herkömmliche Retention bis hin zur knöchernen Heilung und Rehabilitation. Außerdem sollen die anatomischen Verhältnisse weitestgehend durch Reposition wiederhergestellt werden.

Die konservative Therapie ist bei extraartikulären Frakturen ohne relevante Fehlstellung und bei den seltenen undislozierten intraartikulären Frakturen indiziert.

Als weitere Indikationskriterien für die konservative Therapie gelten:

- Art der Fraktur
- Art und Ausmaß der Begleitverletzungen (z.B. Polytrauma, Gefäßbeteiligung)
- Durchblutungsverhältnisse der Haut und Weichteile
- Zeitpunkt des Therapiebeginns
- Reponierbarkeit der Fraktur
- Alter, Beruf bzw. Ansprüche des Patienten
- Zuverlässigkeit bzw. Mitarbeit des Patienten

In den letzten Jahren hat sich die frühfunktionelle Behandlung durchgesetzt (Barnard, 1963; Brockmüller et al., 1974; Charnley, 1961; Contzen et al., 1980; Egbers et al. 1979; Essex-Lopresti, 1952; Habekost, 1979; Hörster, 1983; Koudsi et al., 1977; Lindner et al., 1979; Ostapowicz et al., 1978; Rabenseifner et al., 1981; Reichen et al., 1975; Rüedi, 1987; Salama et al., 1976; Schweiberer et al., 1975): Die funktionell-konservative Behandlung bedeutet den Verzicht auf eine Rekonstruktion der Hauptgelenke der unteren Extremität. Dadurch kann es durch die Gelenkinkongruenz zu späteren Belastungsbeschwerden mit anschließender Arthrose kommen. Fehlheilungen in Form von Rückfußvarus bzw. -valgus, Plattfuß oder Rückfußverbreiterungen werden einkalkuliert. Auf Repositions- bzw. Retentionsmanöver wird erfahrungsgemäß verzichtet, da die auf eine Reposition folgenden Sinterungsvorgänge des spongiosen Knochens primär gute Ergebnisse im weiteren Behandlungsverlauf wieder zunichte machen. Demgegenüber macht man sich die Eintauchung der Einzelfragmente des Subtalarbereiches zunutze, um durch unmittelbare funktionelle Behandlung ein schnelles Einschleifen neuer Bewegungsabläufe im Bereich der verschiedenen Gelenkanteile und Sehnengleitlager zu erreichen. Somit wird die zwischen Talus und Calcaneus befindliche Impressionsfläche als Ausgangspunkt einer neuen Gelenkanatomie akzeptiert. Eine Funktionseinbuße des subtalaren Gelenkes und damit ein Mangel an Ausgleichsfunktion des Rückfußes auf unebenem Boden muß in der Regel hingenommen werden. Die wesentlichen Vorteile der funktionell-konservativen Behandlung der Fersenbeinfrakturen liegen in der Risikoarmut, dem geringeren Aufwand sowie der guten funktionellen Wiederherstellung von Gelenken, die an den geschädigten Bereich angrenzen. Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist die Übertragbarkeit auf andere unfallchirurgische Funktionsbereiche, da lediglich die Grundsätze krankengymnastischer Behandlung zu beachten sind. Weitere Therapiekonzepte für ein konservatives Vorgehen beinhalten die Elevation, Bettruhe, lokale Eis Anwendung sowie systematische Gabe nicht-steroidaler Antiphlogistika. Das Bein wird in einer Schaumstoffschiene bei Neutralstellung im oberen Sprunggelenk gelagert. Ab dem 2. Tag beginnt der Patient mit vorsichtigen Übungen zur Dorsal- und Plantarflexion (soweit dies schmerzbedingt möglich ist). Eine kontinuierliche passive Bewegungsübung (Motorschiene) mit ca. 20° Plantarflexion sollte mindestens 2 mal täglich durchgeführt werden. Ab dem 6. Tag sind sowohl der Schmerz sowie die Schwellung meist soweit zurückgegangen, dass zusätzliche Eversions- als auch Inversionsübungen durchgeführt werden können. Ein aktives Drücken des Fußes gegen ein Fußbrett, während dieser in Neutralstellung gehalten wird, erlaubt ein gutes isometrisches Training der extrinsischen und intrinsischen Fußmuskulatur.

Bei Schmerzfreiheit beginnt der Patient dann ca. ab dem 10. Tag mit der Mobilisierung an Gehstützen, wobei der verletzte Fuß mit 15 kg teilbelastet werden sollte. Eine Zunahme der Belastung kann ab der 6. Woche erfolgen. Die Physiotherapie sollte mindestens bis zur 12. Woche beibehalten werden. Der Patient sollte einen Schuh mit Absatzpuffer sowie Maßeinlagen tragen; bei posttraumatischem Pes planovalgus sollte im Schuh eine mediale Abstützung (Sustentaculum tali) eingearbeitet werden, um einer Hyperpronation entgegenzuwirken. Nur bei den Fällen mit gravierenden Rückfußfehlstellungen und Verplumpungen erscheint ein orthopädischer Schuh gerechtfertigt.

Eine konservative immobilisierende Behandlung im Gipsverband wird wegen der erheblichen Folgen für die Unterschenkel- und Fußmuskulatur und auch wegen der erforderlichen Thromboseprophylaxe nicht durchgeführt.

Besteht bei jungen Patienten mit absoluter Kontraindikation zur operativen oder semioperativen Behandlung eine ausgeprägte Fehlstellung des Rückfußes, so kann das geschlossene Repositionsmanöver nach Omoto et al. durchgeführt werden, welches allerdings von intakten talokalkanearen Bändern zum Erhalt der Retention abhängig ist (Omoto, 1983). Der Patient befindet sich in Bauchlage mit rechtwinklig gebeugtem Knie; dabei ist eine Regional- oder Allgemeinanästhesie erforderlich. Die Reposition beginnt mit einem Lösen der Fragmente unter ruckartiger Varus- oder Valgusstellung des Rückfußes bei ständiger bilateraler Kompression der Ferse unter maximalem axialen Zug. Das Repositionsergebnis wird mittels Bildwandler kontrolliert. Unter permanentem Zug und bimanueller Kompression wird ein zirkulärer Unterschenkelgips angelegt, welcher je nach Frakturschwere für 3-6 Wochen belassen wird. Die Entlastungsdauer entspricht den bereits genannten Perioden. Die günstigsten Ergebnisse werden bei möglichst früher Reposition erreicht, was jedoch aufgrund der Weichteilschwellung in den wenigsten Fällen möglich ist.

1.7.3. OPERATIVE THERAPIEKONZEPTE

Die Indikation zum **operativen Vorgehen** besteht bei:

- > 1mm dislozierten intraartikulären Calcaneusfrakturen
- extraartikulären Frakturen mit relevanter Rückfußfehlstellung (Varus > 5 Grad, Valgus > 10 Grad) (Zwipp, 1994)
- Stufenbildungen im subtalaren Gelenk (Bezes et al., 1993; Börner, 1983; Forgon et al., 1983; Gehling et al., 1988; Hörster, 1988; Huggler et al., 1979; Mutschler et al., 1988; Regazzoni , 1988; Russe et al., 1988; Zwipp et al., 1989) sofern keine Kontraindikationen vorliegen.

Lokale Kontraindikationen zur Osteosynthese bestehen bei kritischen Weichteilverhältnissen mit hohem Infektionsrisiko wie Spannungsblasen, Hautnekrosen sowie bei fortgeschrittenen arteriellen bzw. venösen Durchblutungsstörungen.

Generelle Kontraindikationen sind die HIV-Infektion, der juvenile insulinpflichtige Diabetes mellitus, die Osteoporose sowie eine fehlende Compliance (Alkohol-und Drogenabhängige). Eine lediglich **relative Kontraindikation** stellt ein biologisches Alter von > 65 Jahren dar.

Aufgrund der zunächst erheblichen Weichteilschwellung liegt der Operationszeitpunkt bei

1° und 2° geschlossenen Frakturen im Allgemeinen zwischen dem 6. und 10. Tag nach dem Trauma. In der Zwischenzeit wird der betroffenen Fuß durch lokale und systemische Maßnahmen (Eisapplikation bzw. cryo-cuff, aktive Venenpumpe, Lymphdrainage, Antiphlogistika) zum Abschwellen gebracht. Eine verzögerte Versorgung nach mehr als 14 Tagen nach dem Unfallereignis, insbesondere bei kollabiertem Böhler-Winkel, ist mit einer potentiell erhöhten Gefahr einer postoperativen Wundrandnekrose und / oder Infektion behaftet und sollte daher vermieden werden (Zwipp et al; 1999).

Eine **notfallmäßige OP-Indikation** besteht bei offenen Frakturen, inkarzerierten Weichteilen sowie bei einem manifesten Kompartmentsyndrom.

Bei **offenen Verletzungen** erfolgt nach der Diagnostik ein initiales Wunddebridement, gegebenenfalls eine Kunsthautdeckung, eine temporäre perkutane Kirschner-Draht-Osteosynthese oder die mediale Transfixation (mit je einer Schanz-Schraube in der distalen Tibia, im Tuber calcanei und Os metatarsale 1), um eine Weichteilretraktion zu verhindern (Randt et al; 1997).

Bei ausgedehnten knöchernen Defekten ist eine PMMA-Ketteneinlage empfehlenswert. Eine second-look-Operation muss regelhaft innerhalb von 48-72 Stunden erfolgen.

Die Indikation zur Lappendeckung sollte großzügig gestellt werden (Brenner et al; 1999).

Bei **3° geschlossenen Frakturen** mit erheblichem Fragmentdruck auf die Weichteile kann notfallmäßig eine geschlossene Reposition versucht werden, was jedoch selten gelingt.

Meist ist eine perkutane Reposition mit einer in das Tuber calcanei eingebrachten Schanz-Schraube erforderlich. Die Hauptfragmente werden gegebenenfalls minimalinvasiv mit Kirschner-Drähten fixiert, das Hämatom über Stichinzisionen abgesaugt. Das Repositionsergebnis wird durch einen medialen Dreipunkt-Fixateur gesichert, um nach Ablauf von 8-10 Tagen die definitive Versorgung durchzuführen (Baumgaertl et al; 1993; Zwipp et al; 1993).

Bei 3° geschlossenen Frakturen und manifestem **Kompartmentsyndrom** erfolgt beim Polytrauma die notfallmäßige Dermatofasziotomie über einen ausgedehnten dorsomedialen Zugang, mit Anlage eines medialen Fixateurs (Randt et al; 1997); beim Monotrauma erfolgt die sofortige operative Versorgung mit definitiver Plattenosteosynthese.

1.7.3.1. Semioperative Therapie

Aufgrund der Vorstellung, aufgetretene Verformungen des Calcaneus zu korrigieren, gleichzeitig aber die Weichteile zu schonen, haben sich indirekte, halboffene Repositions- und Fixationsverfahren entwickelt.

Bei allen Patienten, bei denen aufgrund der Lokal- oder Allgemeinsituation ein offenoperatives Vorgehen kontraindiziert ist und bei denen instabile Rückfußverhältnisse bestehen, sollte, sofern die Weichteile diese Minimalosteosynthese erlauben, eine perkutane Rückfußkonstruktion mit Spickdrähten angestrebt werden.

Indiziert ist die semioperative Therapie bei Fersenbeinfrakturen der Gruppe 3AB, 3AC, 3BC und 4 nach Sanders; der Gruppe IV-VIII nach Böhler und den Gruppen B2/2 bis B3/3 der AO-Klassifikation.

Semioperative Verfahren sind:

- Reposition mit der Schanz-Schraube nach Zwipp
- Reposition mit dem Steinmann-Nagel nach Westhues
- Palmer-Aufrichtungsoperation
- Perkutane Bohrdrahtfixation
-

In der Regional- oder Allgemeinanästhesie wird, während sich der Patient in Bauchlage befindet, unter Kontrolle eines Bildwandlers der Rückfuß durch Einbringen einer Schanzschraube oder eines Distraktors in das Tuberfragment in Höhe, Länge, Breite und Achse möglichst anatomisch aufgerichtet und mit 6-8 perkutan eingebrachten Spickdrähten der Größe 1.6-2.0 temporär transartikulär gehalten.

Nach dem Vorgehen von **Zwipp** (Zwipp, 1994) hat sich dabei ein strahlentransparenter triangulärer Distraktor bewährt, wobei eine Schanz-Schraube quer durch das Tuberfragment, die zweite durch den Talus und die dritte durch das Cuboid eingebracht wird und dadurch der Rückfuß bei beidseitig liegendem Distraktor in allen Ebenen korrigiert werden kann.

Die Spickdrähte werden dicht unter der Haut abgesetzt und frühestens 6 Wochen später in Lokalanästhesie entfernt. Eine Teilbelastung im Unterschenkelgehgipsverband ist nach einigen Tagen möglich, die Vollbelastung nach 3 Wochen. Eine aktive Krankengymnastik unmittelbar nach Spickdrahtentfernung ist bei transartikulärer Fixation dringend indiziert, eine Vollbelastung ohne Gipsverband ist je nach Fraktursituation zwischen der 7. und 12. Woche möglich.

Für den späteren Verlauf sind bei konservativem Vorgehen Schuheinlagen, Abrollhilfen oder orthopädisches Schuhwerk angebracht.

Auf **Westhues** (Westhues, 1935) geht eine der populärsten indirekten Repositionsmethoden von dorsal zurück, die u.a. von Poigenfürst (Poigenfürst, 1988) mit Modifikationen aktuell beschrieben wird:

Zunächst wird ein querer Steinmann-Nagel in den kranialen Anteil des Tuber eingebracht und „Längszug angewendet. In Spitzfußstellung und Pronation wird dann mit Hilfe eines weiteren Steinmann-Pins von dorsal und lateral der Achillessehne transkutan das thalamische Fragment erfaßt und nach kranial gehoben.“

Essex-Lopresti verfeinerte diese Technik durch Einführung eines Handgriffs (Essex-Lopresti, 1952). Die Verbreiterung kann durch seitliche Kompression korrigiert werden (Poigenfürst et al; 1988) und zur Stabilisierung dienen von dorsal eingebrachte K-Drähte, die in den Talus vorgebohrt und subcutan versenkt werden (Decoulx et al; 1975; Essex – Lopresti, 1952). Nach Vorschlägen von **Merle d´ Aubignie und Dubouset** kann das von dorsal durch einen Steinman-Nagel angehobene thalamische Fragment mit einer Schraube fixiert werden (Kempf, 1978).

Eine modifizierte Form der **Palmer-Aufrichtung**, nämlich die Unterfütterung und Fixation, stellte **Schellmann** 1977 in Salzburg vor (Schellmann, 1988). Dabei handelt es sich um einen Grenzfall der semioperativen zur operativen Therapie. Palmer unterfütterte mit Eigenspongiosa und transfixierte das untere und vordere Sprunggelenk mit Kirschner-Drähten. Schellmann gab die temporäre Arthrodesse der benachbarten Gelenke des Fersenbeins auf und verteilte die Kirschner-Drähte fächerförmig nur im Calcaneuskörper, wodurch die funktionelle Nachbehandlung der angrenzenden Gelenke begünstigt wird.

Das einfachste Verfahren ist vermutlich die gedeckte Reposition und die anschließende perkutane Bohrdrahtfixation. In Allgemeinnarkose erfolgt die manuelle Reposition.

Der Patient wird auf der unverletzten Seite gelagert. Der Unterschenkel wird bei rechtwinkliger Beugung in Hüfte und Kniegelenk auf einer Stütze fixiert. Nun wird quer durch den dorsokraniellen Teil des Fersenbeins ein Steinmann-Nagel geschlagen, der annähernd senkrecht zur Fersenbeinachse liegt. An dem Steinmann-Nagel wird ein Bügel angebracht und unter Bildwandlerkontrolle werden durch Zug die Verkürzung des Fersenbeins aufgehoben und der Tubergelenkwinkel aufgerichtet. Eine noch bestehende Gelenkstufe wird mit einem 2. Steinmann-Nagel, der von dorsolateral eingebracht wird, korrigiert. Als abschließendes Repositionsmanöver erfolgt die Kompression des Fersenbeins, um die Verbreiterung zu beheben. Die Kompression kann entweder manuell oder mit der Fersenbeinzwinde ausgeführt werden.

Die Reposition nach **Forgon** kann auch mittels eines dreieckförmigen Fixateur externe– mit je einem Steinmann-Nagel in der distalen Tibia, im Tuber calcanei und im vorderen Mittelfuß- je nach Frakturform erfolgen (Forgon et al; 1990).

Das Repositionsergebnis wird durch perkutan eingebrachte Bohrdrähte gehalten, die vom Tuber calcanei aus in die Talusrolle, den Taluskopf und in das Cuboid eingebracht werden oder sich je nach Frakturart und Festigkeit der Spongiosa nur auf den Calcaneus beschränken. Die Bohrdrähte werden anschließend im Hautniveau abgewickelt und subkutan mittels eines Stößels versenkt. Sie sollten die Fersenbeinkortikalis nur etwa 2mm überragen, damit beim Teilbelastungsbeginn die Haut nicht von innen her perforiert wird. Der Patient erhält nun einen Unterschenkelgipsverband und ist nach Anschwellung gehfähig mit Stützkrücken ohne Belastung. Nach der Wundheilung wird ein geschlossener Unterschenkelgips für 8 Wochen oder ein Entlastungsapparat angelegt. Teilbelastungsbeginn im Unterschenkelgips ist ab der 3. Woche, zunehmende Vollbelastung ist ab 6 Wochen nach dem Unfall angezeigt.

Beim **operativ-offenen Vorgehen** sind neben der Osteosynthesetechnik und der Wahl des Zuganges folgende Punkte wichtig:

OP Zeitpunkt:

Die Primärversorgung sollte innerhalb von 6 Stunden stattfinden, ansonsten sollte am 5.-10. Tag nach dem Rückgang der Schwellung operiert werden. Nach der 3. Woche ist eine Reposition der Fraktur extrem schwierig und es besteht die Gefahr einer Hautnekrose.

Rückenlagerung:

Beim medialen oder bilateralen Vorgehen erfolgt die seitliche Abstützung des Patienten im Hüftbereich beidseits, um auch den Tisch nach rechts und links drehen zu können. Für den lateralen Zugang ist es dabei vorteilhaft, einen Keil unter das Gesäß der betroffenen Seite zu schieben.

Seitenlagerung:

Die strenge Seitenlagerung des Patienten ist eine wesentliche Erleichterung für den Operateur, besonders bei einseitigen Frakturen, die einen ausgedehnten lateralen Zugang erfordern. Bei beidseitigen Frakturen, die einen ausgedehnten lateralen Zugang erfordern, ist die oben beschriebene Rückenlagerung mit beidseitigen Keilen bei beidseitiger Abwaschung vom zeitlichen Ablauf eher günstiger.

Blutsperre:

Für die präparatorische Weichteildarstellung, insbesondere beim medialen Zugang und für die intraartikuläre Gelenkrekonstruktion, ist die kurzfristig anzulegende Blutsperre mit 250-300 mmHg von großer Hilfe. Sie wird unmittelbar vor der intraoperativen Röntgenkontrolle gelöst und die Wunden werden während des Röntgenvorganges mit einem elastischen Verband temporär komprimiert. Erst nach dem intraoperativen Röntgen erfolgt die Blutstillung und das Einlegen von einer Redondrainage.

Intraoperatives Röntgen (BV= Bildverstärker):

Fuß seitlich, Fersenbein axial, dorso-plantare Fußwurzel und 20° Broden-Spezial.

Wahl des Zuganges:

Entsprechend der präoperativen Standardröntgen- und CT-Diagnostik wird bei einfachen extraartikulären 2- und 3-Fragmentbrüchen ausschließlich der mediale Zugang nach Mc Reynolds gewählt, bei 3-4-Fragmentbrüchen mit Beteiligung der posterioren Facette und/oder des Calcaneo-Cuboid-Gelenkes sowie bei 5-Fragment-2-3- Gelenkfrakturen der ausgedehnte laterale Zugang.

Wundverschluß:

Nach Durchleuchtungskontrolle im lateralen und axialen Strahlengang wird der Weichteillappen in seine ursprüngliche Position gebracht um die Implantate zu bedecken. Über eine tiefe Redondrainage erfolgt die Naht der Oberflächenfaszie und der Hautverschluß.

1.7.3.2. Geschlossene OP – Technik (MIO)

Reposition:

Durch Herausklappen eines oder mehrerer typischerweise nach lateral dislozierter Schalenfragmente (lateral bulge] der Calcaneusaußenfläche wird das plantar abgekippte und in die Spongiosa impaktierte laterale Fragment der Facies articularis posterior sichtbar. Es wird ein im Tuber calcanei und Tibia verankerter Fixateur bzw. Distraktor zur Reposition mit Schanzschraube/Rasper zur Wiederherstellung der Länge und des Tubergelenkwinkels eingebracht.

Anschließend wird die hintere Tragplatte reponiert, wobei die Talusgelenkfläche als Widerlager und Matrize benutzt wird.

Temporäre Fixation:

Das Ergebnis wird mit Kirschner-Drähten fixiert. Die entsprechenden großen zentralen Defekte werden nun mit Spongiosa oder Keramikspan aufgefüllt.

Bei Tongue-type-Frakturen muß das impaktierte Zungenfragment gelöst und zurückgekippt werden.

Osteosynthese:

Die lateralen Schalenfragmente können jetzt reponiert werden. Es wird eine H-Platte aufgelegt. Danach erfolgt das Vorbohren und Eindrehen von durchgehenden Kleinfragmentspongiosaschrauben ohne vorheriges Gewindeschneiden. Die Schrauben müssen eine gute Verankerung im Sustentaculum tali finden, um somit die posteriore Facette gut abstützen zu können.

Querkompression.

Durch Fassen intakter medialer Calcaneusflächen kann eine ausreichende Querkompression realisiert werden. Größere Fragmente können durch plattenunabhängige Schrauben gehalten werden. Eine zusätzliche Bruchebene im Sinne einer Entenschnabelfraktur kann abschließend mit einer ebenfalls ledigen Schraube vom Tuber nach plantar stabilisiert werden.

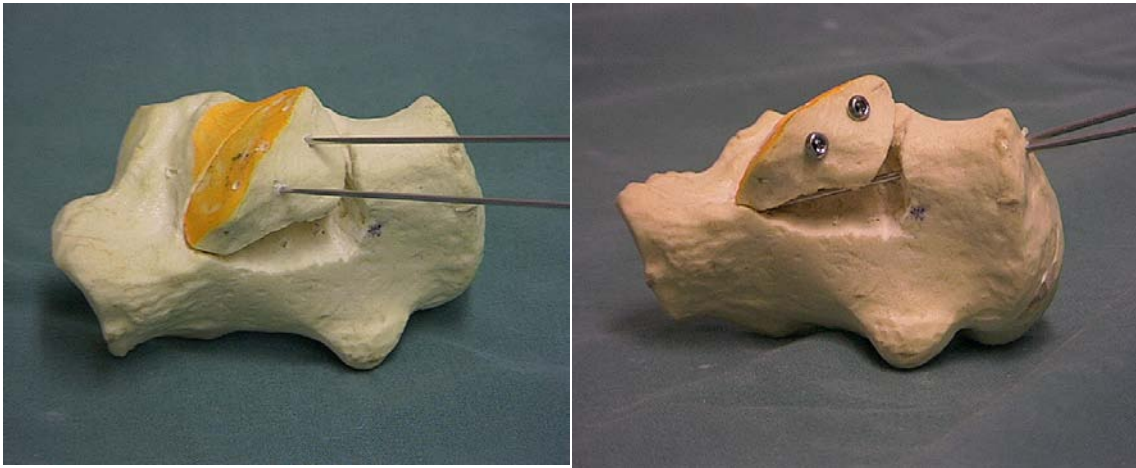


Abb. 2.6.2 – 1 Modell- Aufrichtung der posterioren Facette mit Schraubenosteosynthese zum Sustentaculum tali

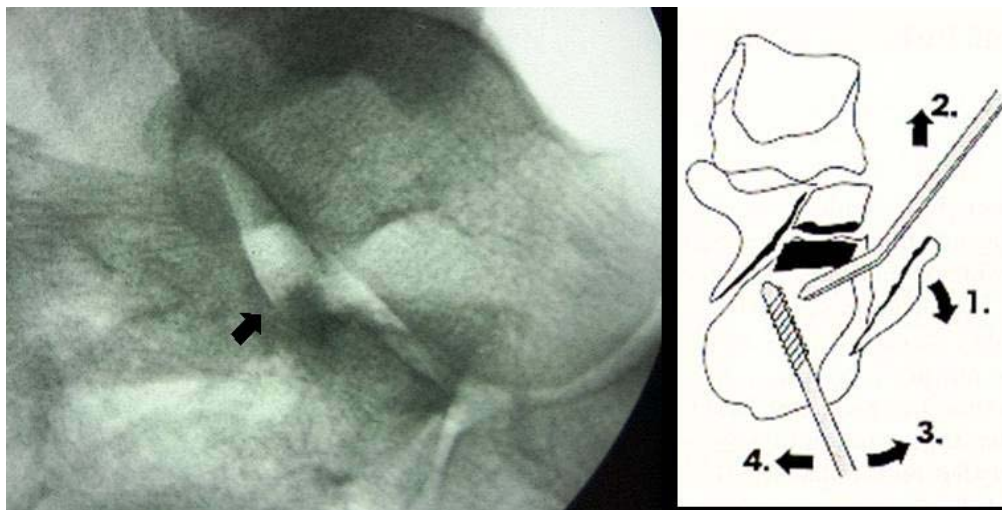


Abb. 2.6.2 – 2 Imprimierte post. Facette (1.-2.) Aufrichtung der posterioren Facette (3.-4.) Reposition Tubercle über Schanzschraube perkutan

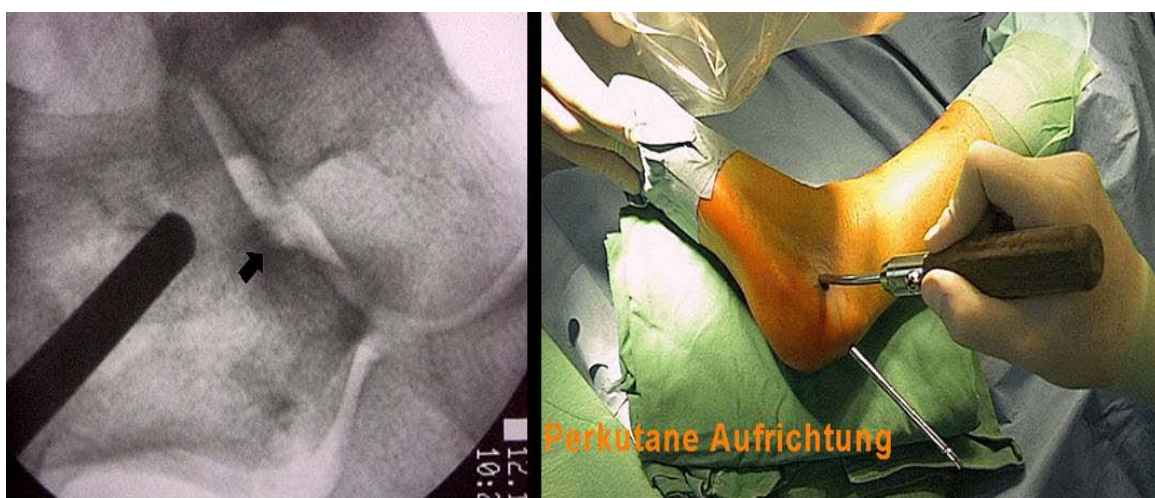


Abb. 2.6.2 – 3 Aufrichtung der posterioren Facette mittels Stößel (BV Aufnahme und intraoperatives Bild)

1.7.3.3. Offene OP - Technik

(a) Medialer Zugang nach Mc Reynolds:

Der mediale Zugang nach Mc Reynolds wird auf halber Höhe zwischen Innenknöchelunterrand und Plantarebene über eine Länge von 8-10 cm waagrecht vorgezeichnet; dabei sollte die Inzision den Hautlinien möglichst exakt folgen und daher kann der primär geplante waagerechte Schnitt am zehen- und tuberwärts gelegenen Ende leicht S-förmig geschwungen sein (Mc Reynolds, 1982).

Nach der Durchtrennung des Subkutangewebes und der Faszie wird das Gefäß-Nerven-Bündel aufgesucht, tunneliert und angeschlungen.

Jetzt erfolgt die Darstellung des sustentaculären Hauptfragmentes (die Flexor hallucis longus Sehne wird nicht weiter präpariert). Nach ausreichender Exposition des Processus anterior und des tuberositären Fragmentes wird eine Spongiosa-Schanz-Schraube über Stichinzision in das Tuber calcanei eingebracht. Unter axialem Zug und Varus- bzw. Valguskorrektur wird das tuberositäre Fragment gelöst und gegenüber dem sustentaculären Fragment reponiert.

Nach zusätzlicher Manipulation und Einpassen des Processus anterior-Fragments kann nun der anatomische Aufbau der medialen Wand in achsengerechter Stellung erfolgen, wobei temporär je zwei 2.0er Spickdrähte vom plantarseitigen tuberositären Fragment in das sustentaculäre Fragment und vom fersenseitigen tuberositären Fragment bis in das Processus anterior-Fragment eingebracht werden.

Ist die mediale Wand korrekt aufgebaut und sind kleinere Fragmentstücke in die Wand eingepasst, kann die definitive Stabilisation mit einem kleinen H-Plättchen erfolgen, wobei mindestens eine Schraube im sustentaculären Fragment, eine Schraube im Processus anterior-Fragment und zwei Schrauben in das tuberositäre Fragment zu liegen kommen sollten. Das H-Plättchen ist dabei gelegentlich der Fersenbeinwandung anzumodellieren. Eine Spongiosaplastik ist bei diesen einfachen Brüchen sehr selten notwendig. Durch das intraoperative Röntgen wird der klinische Befund kontrolliert.

Beim klassischen medialen Zugang nach Mc Reynolds wird also der tibiale **Gefäß-Nerven-Strang** dargestellt und beiseite gehalten. Die Arterienäste zum Haut-Weichteil-Mantel der Ferse werden jedoch zerstört.

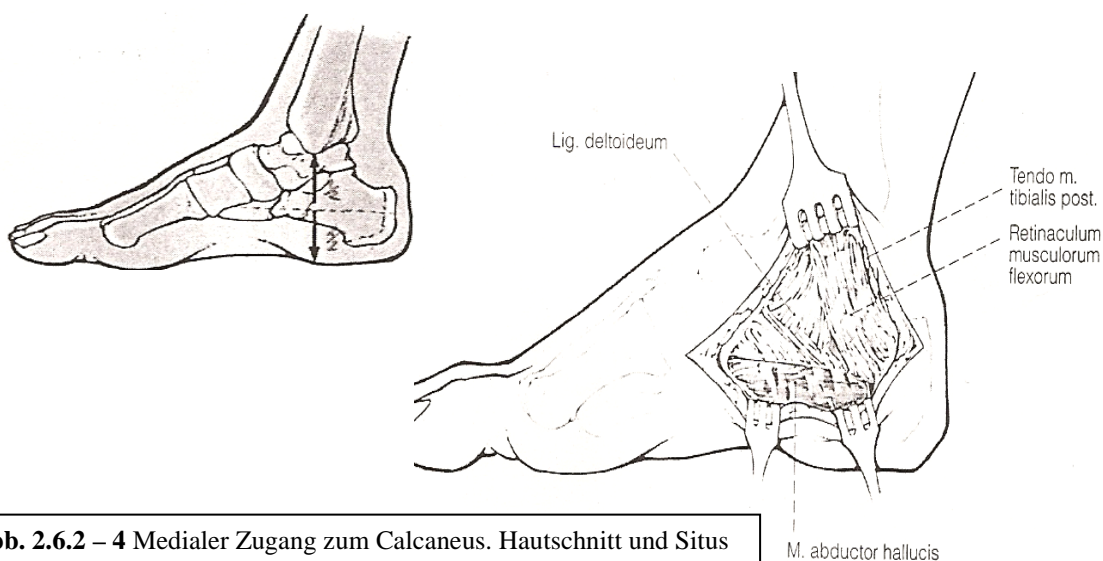


Abb. 2.6.2 – 4 Medialer Zugang zum Calcaneus. Hautschnitt und Situs nach Spaltung der Faszie.

aus. **Rüter A, Trentz O, Wagner M (1995)**

Urban und Schwarzenberg München-Wien-Baltimore S.90

Medial nach Mc Reynolds und lateral nach Palmer (Palmer, 1984; Zwipp et al. 1988):

Beim beidseitigen Vorgehen wird, wie oben beschrieben, mit dem medialen Zugang begonnen und nach Reposition temporär mit Spickdrähten fixiert, wobei die Spickdrähte zur besseren Handhabung bis auf 1 cm über Hautniveau gekürzt werden, um jetzt den modifizierten lateralen Palmer-Zugang anzulegen. Die Inzision wird vorgezeichnet und erfolgt bogenförmig über dem Verlauf der Peronealsehnen 1 QF oberhalb der Außenknöchelspitze beginnend bis nahe an das Calcaneo-Cuboid-Gelenk. Nach Durchtrennung der Haut und Subkutis wird die oberflächliche Faszie unmittelbar ventral der Peronealsehnnenscheiden durchtrennt. Die Peronealsehnen werden nach Möglichkeit unversehrt in der Scheide belassen, nach distal mobilisiert und vorsichtig mit dem Venenhaken nach caudal weggehalten, um die imprimierte posteriore Facette einsehen zu können.

Zur besseren Übersicht ist es meist notwendig, den Fettkörper aus dem Sinus tarsi zu entfernen und / oder das Lig. talocalcaneare interosseum zu durchtrennen. Bei guter Einsicht in das Subtalargelenk wird die imprimierte posteriore Facette nach Reinigung der Frakturflächen mit dem Zahnarztthaken auf Gelenkniveau angehoben, temporär mit 2.0er Spickdrähten zum Sustentaculum hin fixiert und anschließend wechselweise durch kleine Spongiosa- oder 3.5er Corticaliszugschrauben ersetzt. Bei ausreichender Größe des posterioren Facettenfragmentes sollte eine Kopfraumfräse zum besseren Versenken der Schraubenköpfe benutzt werden.

Bei primär tiefer Impaktion der posterioren Facette ist es nach Anhebung des posterioren Facettenfragmentes meist notwendig, diesen impaktierten Raum mit Spongiosa zu unterfüttern. Die ausgebrochene laterale Wand wird digital anmodelliert. Bei bestehender Trümmerzone im tuberositären oder Processus anterior Fragment ist es sinnvoll, eine 60-70 mm lange 3.5er Corticalisstellschraube von der dorsolateralen Ferse perkutan in das Processus anterior Fragment gelenknah zum Cuboid hin einzubringen. Da diese Schraube meist schwierig zu platzieren ist, empfiehlt sich hierfür die intraoperative Bildwandlerkontrolle. Bei zusätzlicher Beteiligung des Calcaneo-Cuboid-Gelenkes wird der vorgegebene Schnitt bis auf halbe Höhe des Cuboids erweitert, das Gelenk dargestellt, die Peronealsehnen nach caudal mobilisiert, das in sich gespaltene Processus anterior Fragment anatomisch reponiert und mit zwei 3.5er Corticaliszugschrauben von lateral nach medial stabil versorgt.

Nach Abschluß der lateralen Versorgung wird nun mediallyseitig das H-Plättchen im Sinne des Antigleitprinzipes platziert und das Ergebnis radiologisch kontrolliert.

Ein großer Vorteil dieses Vorgehens liegt darin, dass beim anatomischen Aufbau der medialen Wand immer die exakte Rückfußachse gewährleistet ist, lateral ein Minimum an Implantaten liegt und das medial platzierte H-Plättchen biomechanisch günstiger wirksam und besser weichteilbedeckt ist.

Der Nachteil liegt in der Gefahr der **Gefäß-Nervenverletzung** und in der beschränkten Anwendbarkeit für einfachere Frakturen. Die lateralen Weichteile werden zwar durch die geschonte A. fibularis versorgt, jedoch ist der Anasomosenbogen der lateralen Weichteile unterbrochen. Aus anatomischen Arbeiten zur Blutversorgung des Fußes geht hervor, dass der Anastomosenbogen zwischen der A. fibularis und der A. tarsalis lateralis regelmäßig vorliegt. Anstelle der A. tarsalis kann der distale Zufluß auch aus dem R.perforans der a. fibularis oder der A. plantaris lateralis stammen (Edwards, 1960; Hall et al., 1993; Lanz et al., 1972; Rauber et al., 1988;).

Lediglich bei der zuletzt genannten Variation bleibt der distale Zufluss nach den klassischen lateralen Zugängen erhalten.

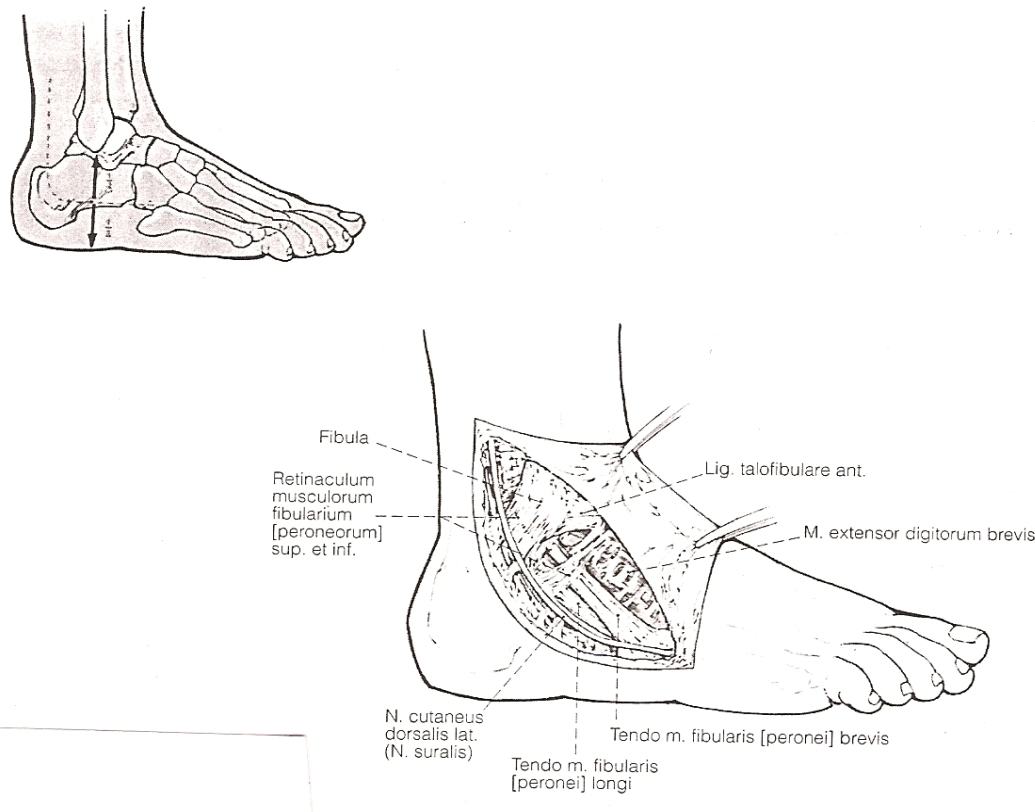


Abb. 2.6.2 – 5

Lateraler Zugang zum Calcaneus. Hautschnitt und Situs nach Eröffnung des Hautmantels
 aus: **Rüter A, Trentz O, Wagner M (1995)** Unfallchirurgie Urban und Schwarzenberg
 München-Wien-Baltimore S.901

(c) Ausgedehnter lateraler Zugang:

Das wesentliche Prinzip dieses Zuganges ist die subperiostale einschichtige Anhebung eines lateralen Haut-Weichteil-Fascienlappens (Zwipp et al; 1988). Der Schnitt wird also so gewählt, dass einerseits das lateralseitige Fersenbein großflächig freigelegt wird, andererseits der N. suralis und die Peronealsehnen in situ im Lappen verlaufen und lediglich das distale Retinaculum der Peronealsehnen sowie das Lig. fibulocalcaneare subperiostal abgelöst werden.

Die Inzision wird vorgezeichnet und verläuft bogenförmig zunächst senkrecht in der exakt mittleren Distanz zwischen Achillessehnenhinterrand und Außenknöchelhinterkante, drei Querfinger oberhalb der Außenknöchelspitze beginnend. Sie schlägt leicht bogenförmig in die waagerechte Schnittführung nach distal hinüber, um hier waagrecht genau in mittlerer Höhe zwischen Plantarebene und Außenknöchelspitze zu verlaufen. Die Durchtrennung von Haut- und Subkutangewebe erfolgt senkrecht direkt bis auf den Knochen.

Bei exakt eingehaltener Schnittführung können weder N. suralis noch Peronealsehnen verletzt werden.

Als nächster Schritt wird das distale Retinaculum der Peronealsehnen am Tuberculum peroneale abgelöst. Das Lig. fibulocalcaneare wird scharf subperiostal am Calcaneus abgelöst, so dass insgesamt alle Strukturen in dem gehobenen Lappen verbleiben. Ein Ziehen an dem Lappen darf nur mit runden Haken und auch nur kurzfristig erfolgen, um späteren Wundrandnekrosen sorgsam vorzubeugen.

Nach sukzessivem Heben des Lappens ist es als Repositionshilfe meist notwendig, nun eine 6,5er Spongiosa-Schanz-Schraube in das tuberositäre Fragment mit Handgriff einzubringen. Bei einer tief eingesunkenen posterioren Facette ist es in der Regel notwendig, ein größeres laterales Wandfragment türflügelartig wegzuklappen oder temporär zu entfernen, um die Facette darzustellen und gezielt mit einem kleinen Raspatorium aus der impaktierten Zone zu lösen. Nun kann die lateralseitige posteriore Facette kongruent zum Talus und zum sustentaculären Fragment hin ausgerichtet und temporär mit Spickdrähten gehalten werden, die parallel zum Talus subtalar eingebracht werden.

Zur Manipulation des Processus anterior-Fragmentes ist es meist notwendig, den Fettkörper aus dem Sinus tarsi zu entfernen, das Lig. talocalcaneare interosseum zu kerben oder vollständig zu durchtrennen.

Ist die posteriore Facette temporär mit 2 Spickdrähten zum Sustentaculum hin gehalten, kann nun die exakte Reposition des tuberositären Fragmentes über die bereits eingebrachte Schanz-Schraube mit Handgriff zum Processus anterior-Fragment erfolgen.

Nach exakter Reposition des Processus anterior-Fragmentes wird dieses über Spickdrähte gehalten, die vom offenen Situs aus oder perkutan vom Cuboid her transartikulär über das Processus anterior-Fragment bis in das tuberositäre Fragment vorgetrieben werden. Dabei ist darauf zu achten, dass eine exakte Reposition im Bereich des Calcaneushalses, d.h. im Verlauf der Primärfraktur, gewährleistet ist.

Ist das posteriore Facettenfragment initial tief impaktiert gewesen, ist in der Regel jetzt eine autogene/ allogene Spongiosaplastik oder das Einbringen eines Knochenersatzmaterials zur Stützung der posterioren Facette notwendig. Zuletzt wird das weggehaltene laterale Wandfragment zurückgeschlagen und anatomisch eingepasst. Passen die ausgebrochenen lateralen Wandfragmente exakt, besteht ein indirekter Beweis für die vollständige Wiederherstellung des Fersenbeines.

Bevor zuletzt das 2- oder 3-fach H-Plättchen lateralseitig platziert wird, wird mit dem Meniskustasthaken nochmals die Gelenksituation im Bereich der posterioren Facette und im Calcaneo-Cuboid-Gelenk überprüft. Das 3-fach H-Plättchen stabilisiert das Fersenbein in Länge, Höhe und Breite meist allein durch das Einbringen von 6 Schrauben. Davon werden 2 ganz gelenknah im Bereich des Calcaneo-Cuboid-Gelenkes in das Processus anterior-Fragment gebracht (meist 35-40mm) sowie 2 weitere Schrauben am tuberositären Ende in das Tuberfragment. Die 5. und 6. Schraube werden subthalamisch platziert. Bei der typischen Tongue-Type-Fraktur reicht es aus, diese 2 Schrauben vom mittleren Plättchensegment in Richtung Sustentaculum einzubringen.

Dieser ausgedehnte laterale Zugang wie er oben beschrieben wurde, erfordert eine sogenannte „No-touch-Technik“, vor allem im sehr kritischen Wundwinkel. Kommt es hier zu einer Spannung auf den „Lappen“ während der Retraktion mit Kirschner-Drähten, so muss der Zugang nach proximal verlängert werden bis die Spannung nachlässt. Wird die Klinge nicht genau senkrecht gehalten, so führt dies zu einer „Lamellierung“ und somit zur Abtrennung der Kutis von der Subcutis mit der Folge einer konsekutiven Hautnekrose und der damit verbundenen stark erhöhten Gefahr einer Wundinfektion.

Bei diesem Zugang werden *die A. fibularis* und *die A. tarsalis lateralis* verletzt. Deshalb sind beide Zuflüsse zu den lateral liegenden Weichteilen unterbunden und lediglich die Blutversorgung über das im Fersenpolster liegende Anastomosennetz bleibt erhalten.

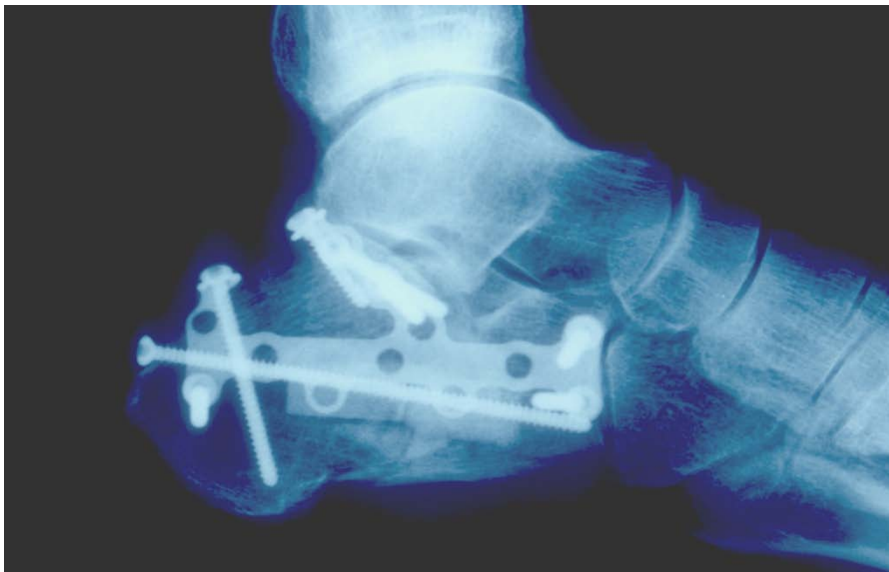
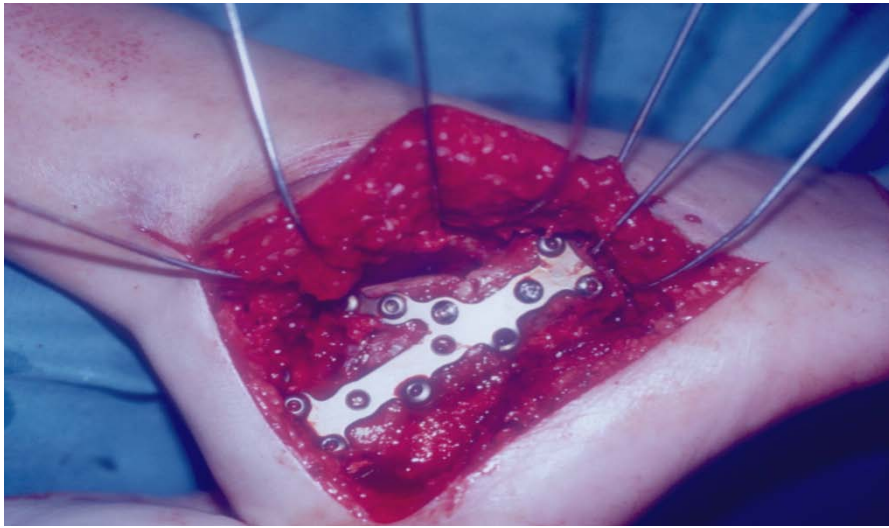


Abb. 2.6.2 – 6 OP-Technik: Ausgedehnter lateraler Zugang zum Calcaneus

1.8. KOMPLIKATIONEN UND ERGEBNISSE DER BEHANDLUNGSMETHODEN

Die Hauptproblemzone ist der Weichteilmantel: hier können sich leichte bis schwerwiegende Komplikationen abspielen. Dabei ist das Ausmaß der primären traumatischen Gewebeschädigung von großer Bedeutung. Im Folgenden sollen die möglichen Komplikationen systematisch aufgeführt werden:

- Frühkomplikationen**
- Schwellung
 - Spannungsblasen
 - Kompartmentsyndrom
- Spätkomplikationen**
- Weichteil- und Knocheninfekte
 - posttraumatische Arthrose
 - verzögerte Frakturheilung
 - Fehlstellung

- **Schwellung** und **Hämatom** sind an sich unabdingbar, können jedoch in ausgeprägter Form Wegbereiter für schwerwiegende weitere Komplikationen sein. Hämatome können durch sorgfältige Präparationstechnik, das Beachten der lokalen Blutversorgung (korrekter Zugang) sowie das Vermeiden jeglichen scharfen Hakenzuges an den Weichteilen minimiert werden.
Revisionspflichtige Hämatome werden in **2.6-5%** der Fälle gesehen und heilen nach Entlastung problemlos ab (Zwipp et al., 1989; Zwipp, 1994).
- Eine Schwellung kann auch von **Spannungsblasen** begleitet sein. Bei diesen Spannungsblasen handelt es sich um eine dehnungs- und torsionsbedingte Trennung der Epidermis von der Dermis, wobei die Blasen entweder mit klarer Flüssigkeit (geringere Schädigung) oder mit Blut (stärkere Schädigung) gefüllt sein können. Die Blasen treten meist 24-48 Stunden nach dem Trauma auf und stellen eine relative Kontraindikation zur offenen Reposition dar, da in einigen Fällen Wundinfektionen nach Inzision einer blutgefüllten Blase auftraten (Giordano, 1994).
- Die gefährlichste Frühkomplikation ist die Entstehung eines **Kompartmentsyndroms**. Die Rate von Kompartmentsyndromen wird in der Literatur mit **10-50 %** angegeben (Matsen et al., 1975; Mittlmeier et al., 1991; Myerson et al., 1993).
Die Planta pedis weist drei Muskellogen auf: die Großzehenloge, die intermediäre Loge und die Kleinzehenloge. Bei schweren Frakturen kommt es durch das beträchtliche Sohlenhämatom zu einer Druckerhöhung in den Fußsohlenlogen.
Die ersten Symptome des entstehenden Kompartmentsyndroms sind eine Beugestellung im Großzehengrundgelenk sowie Sensibilitätsstörungen an der Beugeseite der Zehen.
Die Beugestellung ist durch die Druckerhöhung in der Großzehenloge mit Komprimierung und Verkürzung des M. flexor hallucis brevis bedingt. Häufiger ist die nach Calcaneusfrakturen beobachtete Krallenzehenbildung nicht nur durch den traumatischen Plattfuß zu erklären, sondern auch durch ein länger bestehendes Ischämiesyndrom (Benirschke et al; 1993).

Wichtig ist die frühzeitige Erkennung und Behandlung beziehungsweise eine bereits prophylaktische Faszienpaltung am Ende einer operativen Versorgung bei dringendem Verdacht.

- **Hautnekrosen** treten dann auf, wenn auch der subkutane Bereich so stark geschädigt ist, dass eine ausreichende Blutversorgung der darüberliegenden Haut nicht mehr gewährleistet ist. Eine mögliche bakterielle Kontamination ist entscheidend dafür, ob es zu einem offenen Hautdefekt kommt oder ob sich die Haut unter einer trockenen, schwarzen Kruste von selbst erholen kann. **Wundrandnekrosen** treten in **2-10%** der Fälle auf und können durch lokal antiseptische Maßnahmen zum Ausheilen gebracht werden (Benirschke et al; 1993; Zwipp et al. 1993).

- **Tiefe Weichteil- und Knocheninfekte** sind gefürchtete Komplikationen, welche in **1.3-7.0%** der Fälle nach offenen Operationen beobachtet werden (Benirschke et al., 1993; Bezes et al., 1993; Kundel et al., 1996; Zwipp et al., 1993). Besonders gefährdet sind hierbei offene sowie geschlossene Frakturen, welche verspätet (> 14 Tage nach dem Unfallereignis) versorgt werden (Rammelt et al; 2003). Die Therapie besteht in radikalem Debridement, gegebenenfalls in der Entfernung des Osteosynthesematerials und alternativer Verschraubung bzw. Anlage eines Fixateurs mit anschließender Einlage von Antibiotikaträgern und systemischer Antibiotikatherapie.

- **Pseudarthrosen** werden mit **0,7-1,6%** selten beobachtet (Zwipp et al; 1999). In diesen Fällen ist die Revision mit Anfrischung der Fragmentenden, zusätzlicher autologer Knochenplastik und anschließender Schrauben-Kompressionsosteosynthese angezeigt.

1.8.1. BEURTEILUNG DES WEICHTEILSCHADENS

1982 schreibt **Tscherne**: „*Der Erfolg einer Knochenbruchbehandlung ist eng verknüpft mit der richtigen oder falschen Beurteilung und damit der adäquaten Therapie des begleitenden Weichteilschadens. Ebenso entscheidend ist eine einheitliche Nomenklatur zur Charakterisierung des Weichteiltraumas*“ (Tscherne et al; 1982). Dieses Zitat gilt auch besonders für die Calcaneusfraktur, denn ein adäquates Weichteilmanagement steht in der Calcaneuschirurgie essentiell für ein gutes Ergebnis. Nach den Erfahrungen von Tscherne sind 60-70 % der Calcaneusfrakturen mit einem 1°- bis 2°- Weichteilschaden entsprechend der Klassifikation nach Tscherne und Oestern verbunden. Bei allen Weichteilschäden kommt es zu einer Einblutung ins Gewebe, das Gerinnungssystem wird aktiviert und es kommt zur Freisetzung von lokalen Mediatoren. Durch Gefäßverschlüsse in der Kapillarstrombahn mit nachfolgender Hypoxie und Azidose werden eine vermehrte Gefäßpermeabilität mit Ödem und eine Einwanderung von Granulozyten, Monozyten, und Makrophagen bewirkt. Diese Weichteilproblematik kann je nach Ausprägung bis zur vollständigen Nekrose führen. Da die Schädigung des Weichteilmantels entscheidend für den Zeitpunkt des operativen Eingriffs, die Implantatwahl, die Osteosynthesetechnik und die postoperative Nachbehandlung ist und außerdem ein ausschlaggebender prognostischer Faktor für das Auftreten von Komplikationen ist, muss auch hier eine eindeutige Klassifikation erfolgen. Entscheidende Kriterien für die Einteilung sind nach Tscherne nicht nur die Größe der Hauteröffnung, sondern vor allem die Schwere der Weichteilschädigung auch bei der offenen Fraktur und die Stärke der bakteriellen Kontamination. Die von Tscherne 1982 überarbeiteten, international anerkannten und gebräuchlichen Klassifikationen sind hier noch einmal dargestellt (Tscherne et al. 1982), außerdem die Klassifikation der offenen Frakturen nach Gustillo und Anderson, die vor allem im angloamerikanischen Raum verbreitet ist (Gustillo et al; 1976).

(a) OFFENER WEICHTEILSCHADEN

| Klassifikation | Weichteilschaden | Frakturart |
|----------------|---|---|
| Grad 1 | Hautwunde < 1cm, nicht verschmutzt, Durchspießung von innen | Einfache Quer- oder Schrägfraktur |
| Grad 2 | Hautwunde > 1cm, ausgedehnter Schaden mit Lappenbildung und Decollement | Fraktur mit kleiner Trümmerzone |
| Grad 3 | Zerstörung von Haut, Muskel und neurovaskulären Strukturen | |
| | 3A | Noch adäquate Knochendeckung |
| | 3B | Deperiostierung und massive Kontamination |
| | 3C | Rekonstruktionspflichtige Gefäßverletzung |
| | | Stück-, Schussfrakturen |

Tabelle C: Klassifikation der offenen Frakturen nach Gustillo Anderson
aus: Gustillo RB, Anderson JT (1976) Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones Retrospective and prospective analysis J Bone Joint Surg.AM 58A: 453-458

| Klassifikation | Weichteilschädigung | Frakturart | Kontamination |
|----------------|--|---------------|---------------|
| 0 I | Leicht Durchspießung der Haut | Leicht-mittel | Leicht |
| 0II | Mittel | Leicht-schwer | Mittel |
| 0III | Schwer Ausgedehnte Weichteildestruktion, oft mit Gefäß-,Nervenbeteiligung | Leicht-schwer | Schwer |
| 0 IV | Schwer Subtotale und totale Amputation | Leicht-schwer | Leicht-schwer |

Tabelle D : Klassifikation der offenen Frakturen nach Tscherne/Oestern
aus: Tscherne H,Oestern HJ (1982) Die Klassifizierung des Weichteilschadens bei
offenen und geschlossenen Frakturen Unfallheilkunde 85: 111-115

(b) GESCHLOSSENER WEICHTEILSCHADEN

Der geschlossene Weichteilschaden ist sehr schwierig einzuschätzen, weil er primär oft nicht sichtbar ist. Diese Gefahr der Fehleinschätzung ist größer als bei offenen Frakturen. Die seit 1982 gebräuchliche Klassifikation von Tscherne ist in folgender Tabelle dargestellt:

| Klassifikation | Weichteilschaden | Frakturart | Kontamination |
|----------------|------------------|---------------|---------------|
| G 0 | Keiner | Leicht | Keine |
| G I | Leicht | Leicht-mittel | Keine |
| G II | Mittel | Leicht-schwer | Keine |
| G III | Schwer | Leicht-schwer | Keine |

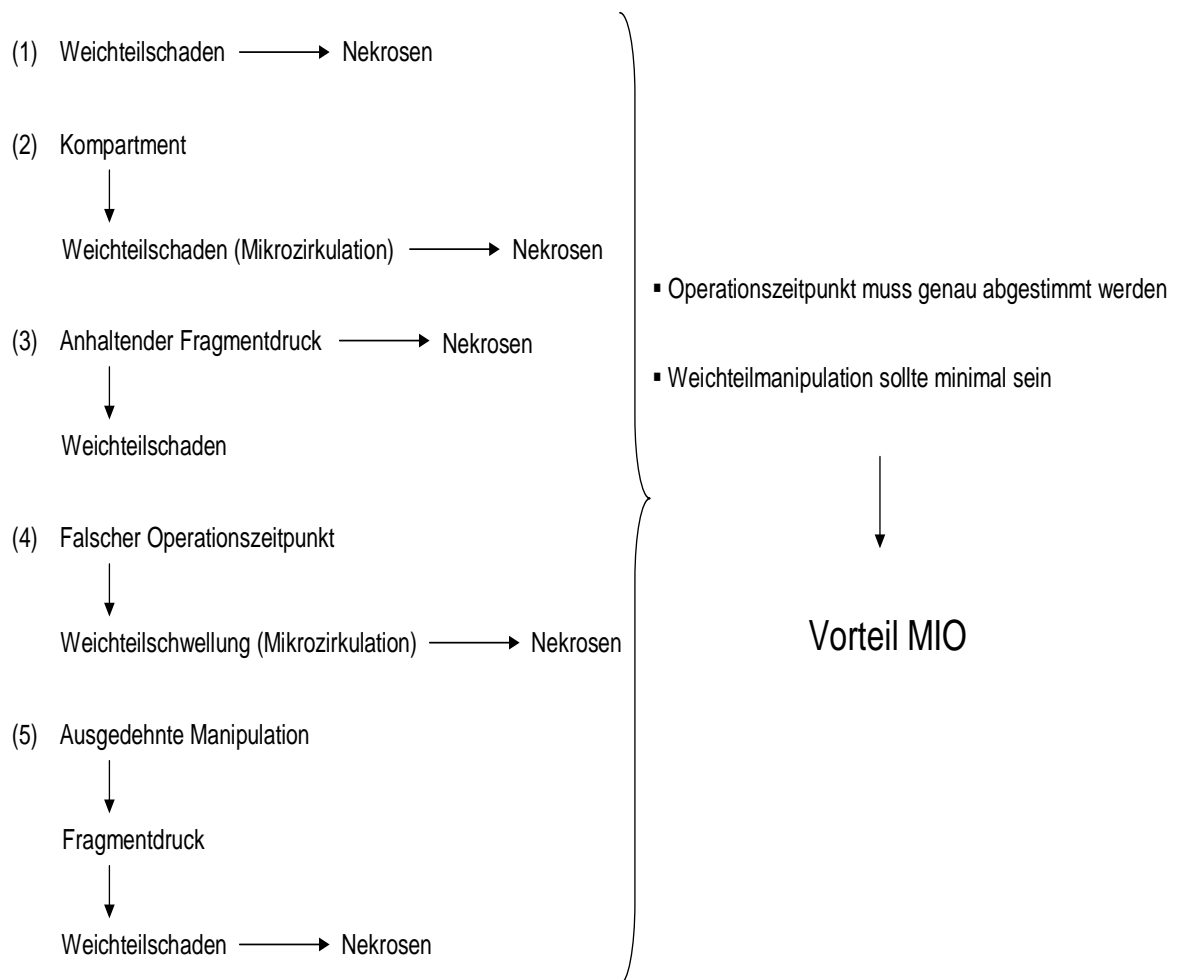
Tabelle E: Klassifikation der geschlossenen Frakturen nach Tscherne/Oestern
aus: Tscherne H, Oestern HJ (1982) Die Klassifizierung des Weichteilschadens bei offenen und geschlossenen Frakturen Unfallheilkunde 85: 111-115

Die folgende Tabelle aus dem Buch Trauma-Management zeigt eine Zuordnung und damit einen Vergleich des offenen und geschlossenen Weichteilschadens.

| | | | |
|-----|-----|---------------|--|
| G 1 | 0 1 | | Oberfl. Quetschung durch Fragmentdruck, einfache Quer- oder Schrägfraktur |
| G 2 | 0 2 | II, III a* | Tiefe und kontaminierte Wunde mit begrenzter Weichteilquetschung durch direktes Trauma, inkl. drohendes Kompartiment, Mehrfragmentfraktur |
| G 3 | 0 3 | III b* | Ausgedehnte Weichteilverletzung (Kontusion, Decollement) mit Verlust des Periosts, inkl. manifestem Kompartiment, Defekt- und Trümmerfraktur |
| G 4 | 0 4 | III c+ | Ausgedehnte Weichteilverletzung (Kontusion, Decollement) mit Verlust des Periosts, zusätzliche Gefäßverletzung, die eine Rekonstruktion erforderlich macht, Defekt- oder Trümmerfraktur |
| | 0 5 | | Totale oder subtotale Amputation mit kompletter Ischämie, maximal ¼ der Weichteilzirkumferenz erhalten |

Tabelle F: Synthese der Klassifikation von Tscherne (G,O) und Gustillo *
aus: Tscherne H, Regel G (1997) Tscherne Unfallchirurgie Trauma- Management Berlin Springer Verlag

Komplikationen im Zusammenhang mit den Weichteilschäden



2. FRAGESTELLUNG

Ziel der Analyse der am Klinikum Rosenheim durchgeführten minimal invasiven percutanen und offenen Plattenosteosynthesen am Calcaneus war es, auf folgende Frage eine Antwort zu finden:

-Können qualitative Unterschiede zwischen beiden Methoden gefunden werden?

Hypothesen:

Die perkutane Osteosynthese am Calcaneus bietet gegenüber der konventionellen offenen Plattenosteosynthese folgende Vorteile:

- **Zugangstrauma kann minimiert und die Durchblutung geschont werden**
- **niedrigere Infektionsrate**
- **keine verlängerten Operationszeiten**
- **keine Verschlechterung der Achsenverhältnisse oder des Bewegungsausmaßes**
- **besserer Outcome (Score)**

3. METHODIK

In einer prospektiv angelegten Studie wurden die Daten (Geschlecht, Alter, OP-Zeitpunkt, OP-Dauer, Liegedauer, Schwellung, Gehstrecke und Tubergelenkwinkel) aller am Calcaneus mit einer offenen Reposition/Plattenosteosynthese und einer geschlossenen Reposition/perkutanen Schraubenosteosynthese versorgten Patienten in der Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Klinikums Rosenheim gesammelt und ausgewertet.

Die Patienten wurden nach einer minimalen postoperativen Dauer von 6 Monaten zu einer Nachuntersuchung einbestellt und nach subjektiven und objektiven Kriterien befragt und untersucht.

Das Therapieergebnis wurde mit dem Score nach Kitaoka dokumentiert. Das Clinical Rating System (CRS) nach Kitaoka et al. bewertet mit einem 100-Punkte-System jeweils den Rückfuß, den Mittelfuß und den Vorfuß im Hinblick auf Schmerzen, Funktion und Fußachsen. Bei der Datenerhebung des Parameters Schwellung wurde ein Maßband um das Sprunggelenk bis zur Fersenspitze gelegt. Dabei wurden die Angaben in cm dokumentiert.

Bezüglich der möglichen zu absolvierenden Gehstrecke wurde als Maß, orientierend an dem Score von Kitaoka die Anzahl der „ Blocks“, die der Patient gehen konnte, herangezogen. Hierbei entspricht 1 „ Block“ 402,33 Meter.

Die Versorgung aller in die Studie eingeschlossenen Patienten erfolgte nach einem einheitlichen Behandlungsschema. Nach Einlieferung in die Notaufnahme des Klinikums wurden die Anamnese, Untersuchung und apparative Diagnostik der Verletzten durchgeführt. Zur präoperativen Diagnostik wurden konventionelle Röntgenaufnahmen des Calcaneus in 2 Ebenen und die Schrägaufnahme nach Broden durchgeführt.

Die Klassifikation der knöchernen Verletzung erfolgte nach Sanders, orientierend am CT.

In Abhängigkeit vom Unfallhergang und der bestehenden Weichteilsituation wurde vom erstbehandelnden Operateur ein offenes oder minimalinvasives Vorgehen eingeleitet.

Die offene Reposition erfolgte über den erweiterten lateralen Zugang unter Darstellung der posterioren Facette und des Subtalargelenkes. Nach Darstellung der posterioren Facette wurde diese zunächst temporär aufgerichtet und mit einem 2.0 Spickdraht zum Subtalargelenk des Talus transfixiert. Anschließend erfolgte die Aufrichtung des Tuber calcanei mit einer eingebrachten Schanz`schen Schraube, um den Tubergelenkwinkel wiederherzustellen. Im nächsten Schritt erfolgte die schrittweise Reposition des Processus anterior; hierbei wurde der Winkel von Ghisane rekonstruiert und anatomisch eingepasst, sowie mit einem temporären Spickdraht fixiert. Zwei 3.5er Corticalis-Kleinfragmentschrauben wurden parallel zur posterioren Facette in das Sustentaculum tali eingebracht. Anschließend wurde die Roy-Sanders- Platte anmodelliert und jeweils zum Tuber wie zum Processus anterior mit zwei 3.5er Corticalis Kleinfragmentschrauben fixiert.

Lag ein => größerer Weichteilschaden (ab G2)

=> eine extreme Abflachung des Tubergelenkwinkels mit geringer Gelenkdislokation

=> eine Varusfehlstellung im Rückfuß vor,
so wurde eine **perkutane Reposition** bevorzugt

Im ersten Schritt erfolgte dabei zunächst unter Bildwandlerkontrolle die Einbringung einer Schanz`schen Schraube in das Tuberfragment. Es erfolgte dann eine Valgisierung und Verlängerung und damit auch eine zufriedenstellende Reposition des Tubergelenkwinkels. Anschließend wurde das posteriore Facettenfragment hochgestößelt und unter Bildwandlerkontrolle über eine perkutane Fensterung angehoben.

Eine Transfixation zur Aufrichtung im Tubergelenkwinkel mit einem 2/0-er Spickdraht wurde durchgeführt und das reponierte Facetten-Fragment mit 2 perkutan eingebrachten Gewindespickdrähten für 3/5er Kleinfragment-Corticalisschrauben fixiert. Nach einer Überbohrung und Einbringung von 2 Kleinfragment-Corticalisschrauben 42mm, die im Sustentaculum eine feste Verankerung fanden, wurden abschließend in Längsrichtung zwei 2/5-er Spickdrähte eingebracht, um die Längsachse zu stabilisieren und einen Einbruch der bisherigen Facette zu vermeiden.

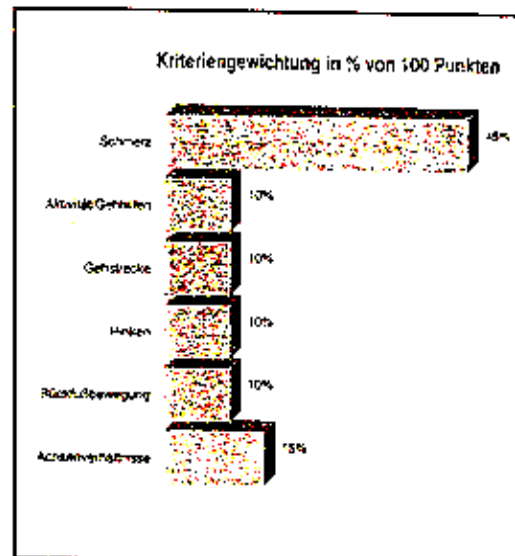
Alle Patienten wurden nach der definitiven operativen Versorgung gipsfrei nachbehandelt. Hochlagerung, lokale Eis Anwendung und eine antiphlogistische sowie analgetische Begleittherapie wurden eingesetzt, um eine rasche postoperative Abschwellung zu gewährleisten und somit auch eine frühestmögliche krankengymnastische Mobilisierung durchzuführen, welche meist ab dem 2. bis 3. postoperativen Tag begonnen wurde.

Die Belastung wurde vom jeweilig individuell vorliegendem Röntgenbild abhängig gemacht. Eine Prophylaxe mit niedermolekularem Heparin s.c. wurde vom Op-Tag an bis zur ausreichenden Mobilisierung routinemäßig durchgeführt.

Von allen in die retrospektive Studie eingeschlossenen Patienten wurden die Daten anhand der Krankenunterlagen erhoben.

Die Daten wurden an einem PC mittels des Statistikprogrammes SPSS und in Rücksprache mit einem Statistiker am Institut für Biomedizin und Epidemiologie der Ludwig-Maximilians-Universität ausgewertet. Neben Häufigkeiten, Prozentwerten, Mittelwerten und Standardabweichungen wurden die Ergebnisse der beiden Gruppen auf signifikante Unterschiede getestet. Bei den metrisch skalierten Variablen wurden aufgrund der Fallzahl nicht-parametrische Tests gewählt. Zwei unabhängige Variablen wurden mit dem Mann-Whitney-Test überprüft. Dabei wurden Ergebnisse mit einem p Wert ≤ 0.05 als signifikant angesehen.

| | |
|-------------------|---|
| Spez. Anw. | Arthrodesis des OSG |
| Allg. Anw. | Nein |
| Bereich | Klinischer Score |
| Subj./Obj. | 75% subj. / 25% obj. |
| Häufigkeit | Selten |
| Literatur | Kitaoka HB (1991) Salvage of nonunion following ankle arthrodesis for failed total ankle arthroplasty. Clin Orthop 268: 37-43 |
| Anmerk. | Einfacher, klinischer Score |



| Pain | | | |
|-----------------|----|------------------------------|----|
| None | 45 | moderate/daily | 25 |
| Mild/occasional | 35 | Severe/almost always present | 0 |

| Function | | | | | |
|--|--|----|------------------------------------|--|-----------|
| Activity level, support requirement | No limitation, no support | 10 | Hindfoot motion restriction | None or mild (75 to 100% normal) | 10 |
| | No limit. of daily activities. limit. of recreational activities, no support | 7 | | moderate (25 to 74% normal) | 5 |
| | Limit. daily and recreational activities, cane | 4 | | Marked (less than 25% normal) | 0 |
| | Severe limit. of daily and recreational activities, walker or wheelchair | 0 | | | |
| Walking distance, blocks | Greater than 6 | 10 | Alignment | good, neutral flexion, 0 to 10° valgus | 15 |
| | 4 to 6 | 7 | | fair, flexion or valgus unacceptable | 8 |
| | 1 to 3 | 4 | | poor, flexion and valgus unacceptable | 0 |
| | Less than 1 | 0 | | | |
| Gait abnormality - limp | None, slight | 10 | Result: | 90 - 100 | excellent |
| | Occasional | 5 | | 75 - 89 | good |
| | Marked | 0 | | 60 - 74 | fair |
| | | | | < 60 | poor |

Clinical Rating System nach Kitaoka

Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sander M,
Clinical Rating Systems for the Ankle- Hindfoot and Midfoot, Hallux, and Lesser Toes
Foot and Ankle 1994, 7: 349-53

Rückfuß:

| | | |
|---|---|--|
| Schmerz | 1= keine 2= leicht, gelegentlich 3= mittelmäßig, täglich 4= heftig, fast immer | 40 Pkt. 30 Pkt. 20 Pkt. 00 Pkt. |
| Funktion | 1=keine Einschränkung, keine Stütze/ Hilfe 2= keine Einschränkung bei den täglichen Aktivitäten,Einschränkung bei Freizeitaktivitäten, keine Hilfen 3= Einschränkungen bei den täglichen Aktivitäten Freizeitaktivitäten, Stock 4=Starke Einschränkung bei täglichen Aktivitäten Gehstütze, Krücke, Rollstuhl, Korsett | 10 Pkt. 07 Pkt. 04 Pkt. 00 Pkt. |
| Gehstrecke (in Blocks) (1 Block= 402,33 m) | 1= mehr als 6 2= 4 bis 6 3= 1 bis 3 4= weniger als 1 | 05 Pkt. 04 Pkt. 02 Pkt. 00 Pkt. |
| Oberfläche | 1= keine Schwierigkeiten auf sämtlichen Oberflächen 2= geringe Schwierigkeiten auf unebenem Terrain, Treppen, Neigung, Leiter 3= große Schwierigkeiten auf unebenem Terrain. Treppen, Neigungen, Leiter | 05 Pkt. 03 Pkt. 00 Pkt. |
| Gangabnorm | 1= keine, leichte 2= augenscheinlich 3= erhebliche | 08 Pkt. 04 Pkt., 00 Pkt. |
| Sag. Bewegung | 1= normal, leichte Einschränkung (30° oder mehr) 2= mäßige Einschränkung (15°-29°) 3= starke Einschränkung (weniger als 15°) | 08 Pkt. 04 Pkt. 00 Pkt. |
| Hinterfußbewegung (Inversion/ Eversion) | 1= normal, leichte Einschränkung (75%-100% v. normal) 2= mäßige Einschränkung (25%-74% v. normal) 3= starke Einschränkung (weniger als 25% v. normal) | 06 Pkt. 03 Pkt. 00 Pkt. |
| Gelenk-Hinterfuß Stabilität (antero-posterior, varus- valgus) | 1= stabil 2=definitiv instabil | 08 Pkt. 00 Pkt. |
| Achse | 1= gut plantigrader Fuß, Gelenk- Hinterfußachse ausgerichtet 2= ausreichend plantigrader Fuß um einige Winkel der Gelenk-Hintefußachse abweichend, keine Symptome 3= schlecht, non plantigrader Fuß, erhebliche Abweichung der Gelenk- Hinterfußachse, Symptome | 10 Pkt. 05 Pkt. 00 Pkt. |

Outcome-Score

1. Wie würden Sie Ihre Schwellung abends im Bereich des Sprunggelenkes und des Fußes beurteilen?

- Ich habe abends keine Schwellung
- minimale Schwellzustände
- geringe Schwellzustände
- starke Schwellzustände
- massive Schwellung

2. Wie häufig haben Sie abends innerhalb der letzten zwei Wochen Schwellungen im Bereich des Sprunggelenkes und / oder Fußes gehabt?

- nie
- einmal
- 2-3 mal
- 4-5 mal
- mehr als 5 mal

3. Haben Sie tagsüber Schwellungen im Bereich des Sprunggelenkes und / oder des Fußes ?

- Ich habe keine Schwellungen
- minimale Schwellzustände
- geringe Schwellzustände
- starke Schwellzustände
- massive Schwellungen

4. Wie häufig haben Sie tagsüber Schwellungen im Bereich des Sprunggelenkes und/ oder des Fußes?

- nie
- 1-2 mal
- 3-5 mal
- mehr als 5 mal
- ständig geschwollen

5. Wie schwerwiegend würden Sie Ihre Schmerzen abends beurteilen?

- Ich habe abends keine Schmerzen
- minimale Schmerzen
- geringe Schmerzen
- starke Schmerzen
- sehr starke Schmerzen

6. Wie häufig hatten Sie innerhalb der letzten zwei Wochen Schmerzen?

- nie
- einmal
- 2-3 mal
- 4-5 mal
- mehr als 5 mal

7. Haben Sie tagsüber Schmerzen?

- Ich habe tagsüber keine Schmerzen
- minimale Schmerzen
- geringe Schmerzen
- starke Schmerzen
- sehr starke Schmerzen

8. Wie häufig haben Sie tagsüber Schmerzen?

- nie
- 1-2 mal
- 3-5 mal
- mehr als 5 mal
- ständige Schmerzen

9. Haben Sie ein Steifigkeitsgefühl im Bereich des Sprunggelenkes oder Fußes?

- Ich spüre die Versteifung kaum.
- Ich spüre die Versteifung, aber nur im versteiften Gelenk
- Ich habe auch ein geringes Steifigkeitsgefühl in den anliegenden Gelenken
- Ich habe ein deutliches Steifigkeitsgefühl in den anliegenden Gelenken
- Ich empfinde meinen Fuß als „einziges Klotz“

10. Stört Sie das Steifigkeitsgefühl

- Es stört mich überhaupt nicht
- Es stört mich aber nur sehr gering
- Es stört mich aber ich kann es ertragen
- Es stört mich so, daß ich es als lästig empfinde
- Es stört mich, daß ich mich als Krüppel empfinde

Outcome-Score

Funktioneller Status:

11. Können Sie Treppen steigen?

- ohne Probleme
- geringe Probleme ohne Einschränkung
- nach 20-50 Stufen
- weniger als 20 Stufen
- Ich kann nicht Treppen steigen

12. Haben Sie Probleme beim Autofahren (Kuppeln, Gas, Bremse) ?

- keine Probleme
- geringe Probleme ohne Einschränkung
- nach einer Stunde deutliche Probleme
- nach weniger als einer Stunde deutliche Probleme
- Ich kann nicht Autofahren

13. Können Sie auf unebenem oder rutschigem Gelände laufen?

- ohne Probleme
- geringe Probleme ohne wesentliche Einschränkung
- Ich fühle mich unsicher und muß mich auf das Laufen vermehrt konzentrieren
- Ich kann überhaupt nicht auf unebenem oder rutschigem Gelände laufen

14. Können Sie schneller laufen (Joggen) ?

- ohne Probleme
- geringe Probleme ohne wesentliche Einschränkung
- durch die Versteifung laufe ich nicht flüssig, so daß ich frühzeitig aufhören muß
- Ich habe erhebliche Probleme, jedoch kann ich etwas laufen
- Ich kann überhaupt nicht laufen

15. Können Sie springen (kleiner Graben/ Pfütze)?

- ohne Probleme
- geringe Probleme ohne wesentliche Einschränkung
- Ich fühle mich behindert bei Absprung oder Landung. Ich kann aber springen
- Ich habe erhebliche Probleme und kann nur ansatzweise springen
- Ich kann nicht springen

16. Können sie sicher auf einem Bein stehen?

- ohne Probleme
- geringe Probleme ohne Einschränkungen
- Ich kann auf einem Bein stehen, fühle mich jedoch nach einer gewissen Zeit unsicher
- Ich kann nur kurzfristig auf einem Bein stehen, weil es wackelig wird
- Ich kann überhaupt nicht auf einem Bein stehen

17. Wie schnell ermüdet Ihr Bein?

- entsprechend dem gesundem Bein
- Es ermüdet etwas schneller, ich merke es jedoch kaum
- Es ermüdet deutlich schneller als die gesunde Seite
- Ich muß vermehrt Pausen machen aufgrund der Müdigkeit in diesem Bein
- Ich bin erheblich behindert, weil mein Bein so schnell ermüdet

18. Haben sie den Eindruck, daß Ihr Bein schwächer ist als das gesunde Bein?

- Ich habe die gleiche Kraft wie im gesunden Bein
- minimaler Unterschied ohne Einschränkung
- Ich merke den Unterschied mit geringen Einschränkungen
- Ich spüre einen deutlichen Unterschied und fühle mich eingeschränkt
- Durch die Schwäche des Beines bin ich erheblich behindert

19. Wie würden Sie Ihr Gangbild bezeichnen?

- normal
- leicht behindert, ich merke es kaum
- Ich merke den Unterschied zur Gegenseite laufe jedoch rund
- Ich hinke ziemlich stark, so daß ich mich behindert fühle
- Ich hinke so stark, daß ich mich wie ein Krüppel fühle

20. Haben Sie Probleme, passende Schuhe zu finden?

- keine Probleme
- geringe Probleme, kann aber jeden Konfektionsschuh tragen
- Ich kann nicht jeden Konfektionsschuh tragen
- Ich kann nur große und weite Schuhe tragen
- Ich trage einen orthopädischen Schuh

4. ERGEBNISSE

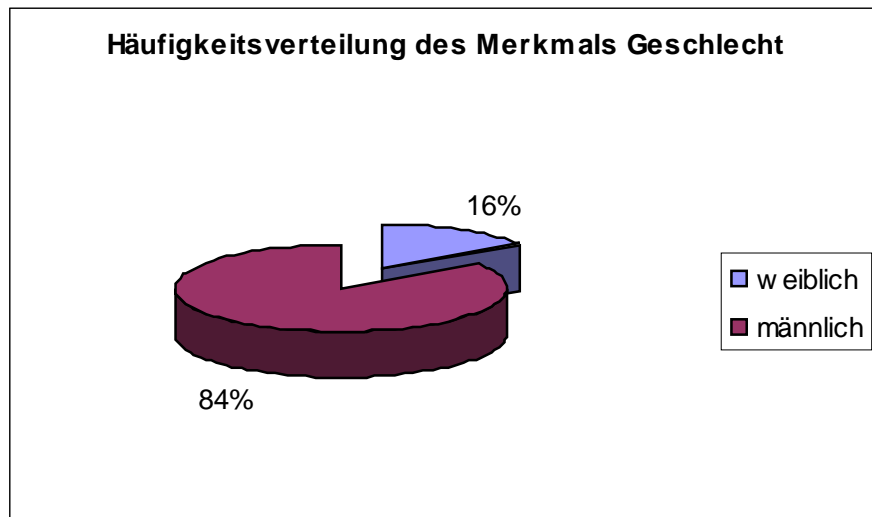
4.1. KLINISCHER VERLAUF

In einem Fünfjahreszeitraum wurden am Klinikum Rosenheim **38 Patienten** mit einer Calcaneusfraktur behandelt:

Das Patientenkollektiv wurde in zwei zu vergleichende Gruppen unterteilt:

19 Patienten (**Gruppe OFFEN**) wurden mit einer Plattenosteosynthese und 19 Patienten (**Gruppe MIO**) mit einer perkutanen Schraubenosteosynthese versorgt.

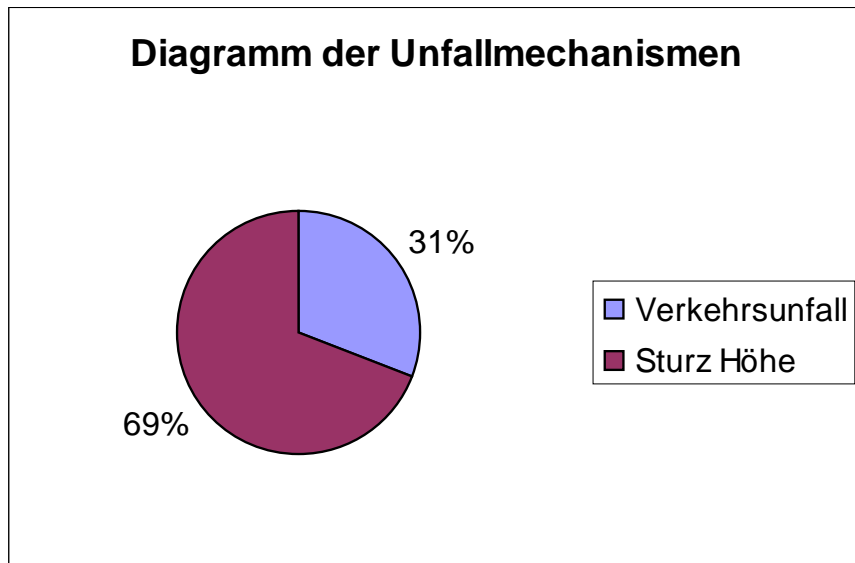
Das Patientenkollektiv bestand aus jeweils 3 Frauen und 16 Männern, was einer Verteilung von 84% zu 16% entspricht (siehe auch Abbildung).



Das Durchschnittsalter der Patienten, die mit einer offenen Reposition (**OFFEN**) versorgt wurden, betrug 52,6 Jahre bei einem Minimum von 32 und einem Maximum von 76 Jahren, die Standardabweichung lag bei 12,98.

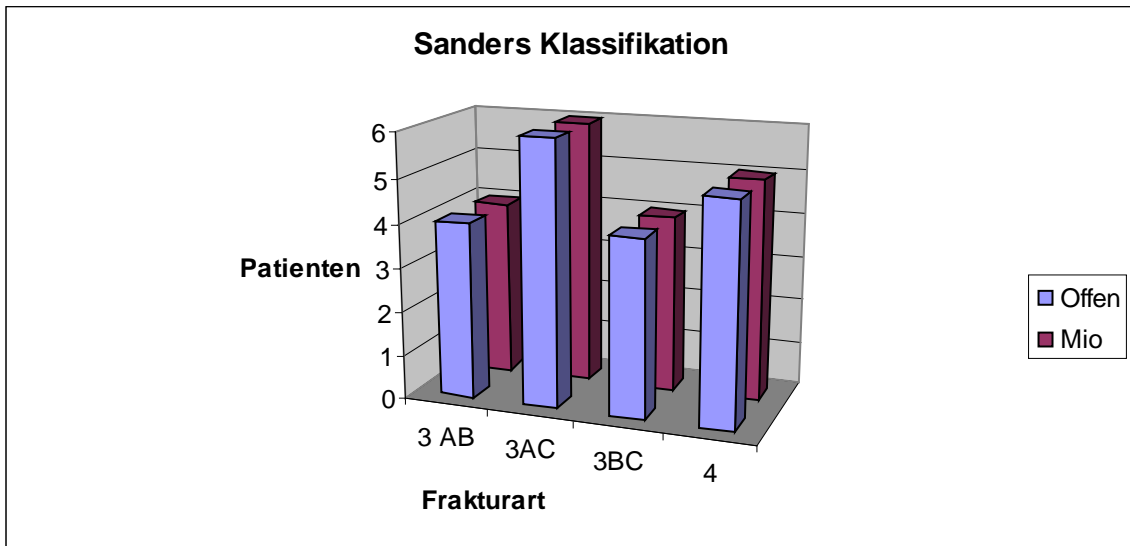
Eine annähernd gleiche Altersverteilung zeigte sich bei der Patientengruppe, die minimalinvasiv (**MIO**) behandelt wurde: das Durchschnittsalter lag bei 49,7 Jahren bei einem Minimum von 32 und einem Maximum von 67 Jahren, die Standardabweichung betrug 11,68.

Der Unfallmechanismus bestand zu etwa einem Drittel aus Verkehrsunfällen und zu zwei Dritteln aus Stürzen aus größerer Höhe. Es handelte sich insgesamt also bei allen Fällen um ein „high energy“ Trauma.



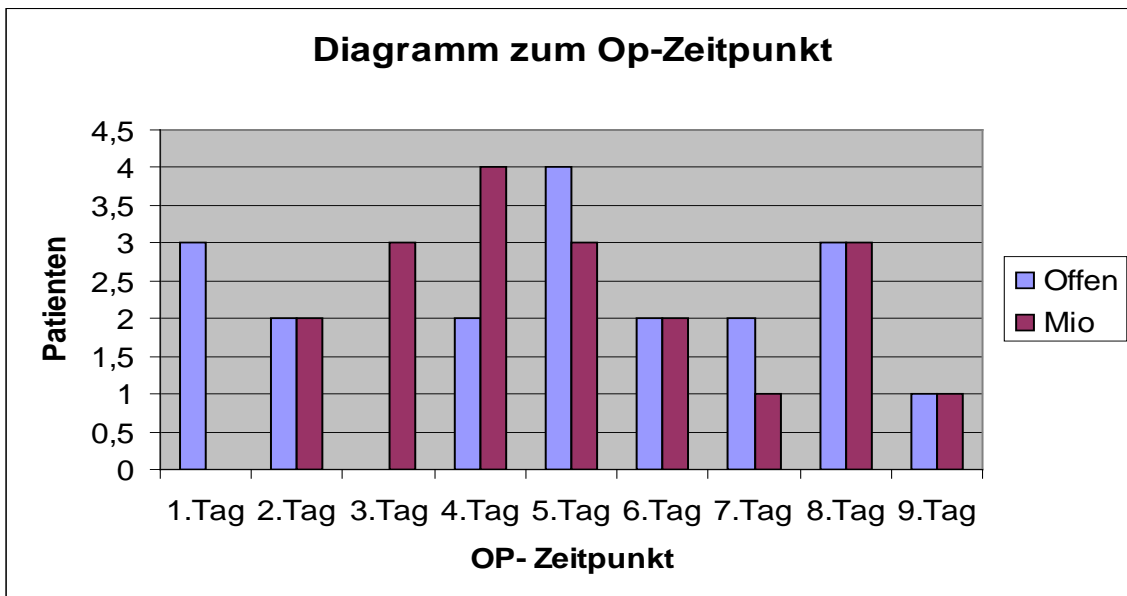
Bei der Beurteilung des Knochenschadens zeigten sich jeweils identisch verteilte Frakturen der Gruppen 3AC, 3AB, 3BC und 4 nach Sanders, wie das unten dargestellte Diagramm verdeutlicht.

| Sanders | 3AB | 3AC | 3BC | 4 |
|--------------|-----|-----|-----|---|
| OFFEN | 4 | 6 | 4 | 5 |
| MIO | 4 | 6 | 4 | 5 |



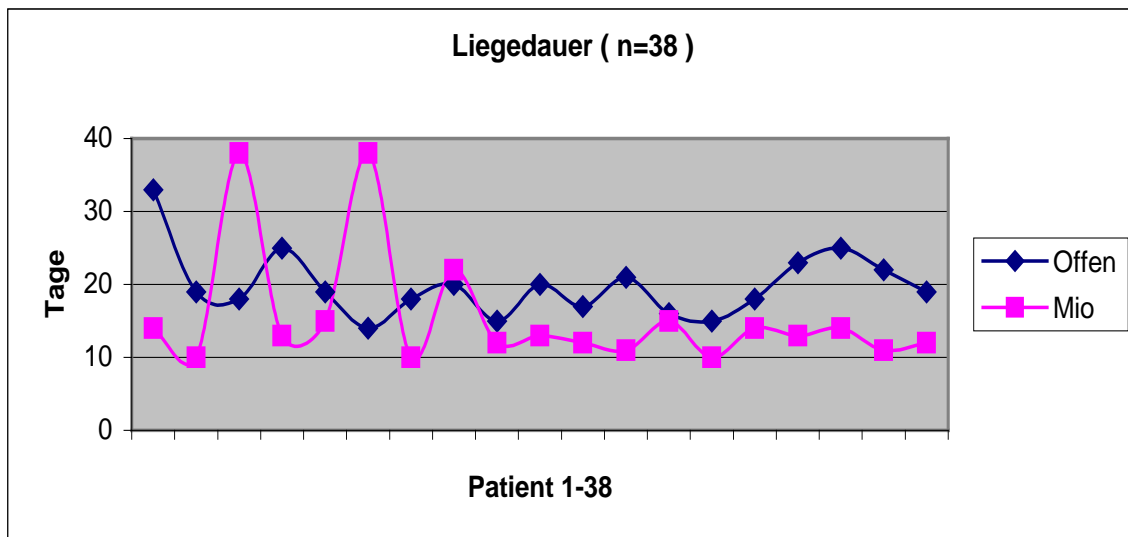
Das Intervall zwischen Aufnahme und definitiver Versorgung mit einer Plattenosteosynthese betrug bei den meisten Patienten der **OFFEN** Gruppe 5 Tage, (Minimum 1 Tag, Maximum 9 Tage), wobei ein erster Gipfel am 1.Tag, ein zweiter am 5. Tag und ein dritter Gipfel am 8. Tag zu sehen war.

Der Zeitraum zwischen Aufnahme und definitiver minimalinvasiver Versorgung mit einer Schraubenosteosynthese der **MIO** Gruppe betrug bei den meisten Patienten 4 Tage (Minimum 1 Tag, Maximum 27 Tage), wobei drei weitere Gipfel am 3., 5. und 8.Tag zu sehen waren.



Die 38 Operationen wurden von 3 verschiedenen Operateuren durchgeführt, die durchschnittliche Operationszeit betrug bei den Patienten mit einer offenen Reposition 125 Min bei einem Minimum von 65 Minuten und einem Maximum von 180 Minuten.
 Bei den minimalinvasiv versorgten Patienten betrug die durchschnittliche Operationszeit 96.12 Minuten bei einem Minimum von 45 Minuten und einem Maximum von 150 Minuten

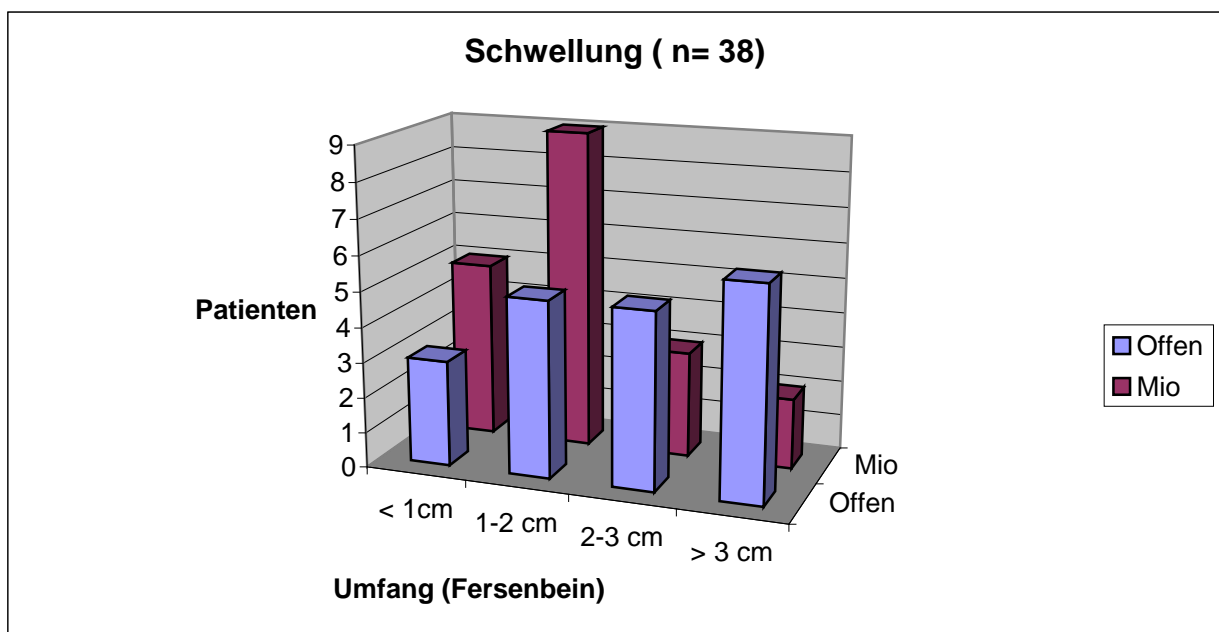
Die Dauer des stationären Aufenthaltes nach der offenen Plattenosteosynthese betrug im Mittel 19 Tage bei einem Minimum von 14 und einem Maximum von 35 Tagen.
 Bei der minimalinvasiven Versorgung lag die Liegedauer im Mittel bei 15 Tagen bei einem Minimum von 10 und einem Maximum von 38 Tagen.



Folgendes Ausheilungsergebnis zeigte sich bei den Parametern Schwellung und Gehstrecke:
 Bei der **OFFEN** Gruppe lag bei **15%** der Patienten die Schwellungsdifferenz zur gesunden Seite unter 1 cm, bei **27%** der Patienten zwischen 1-2 cm, bei **27%** der Patienten konnte eine mäßige Schwellung festgestellt werden und **31%** der Patienten klagten über eine starke Schwellung.

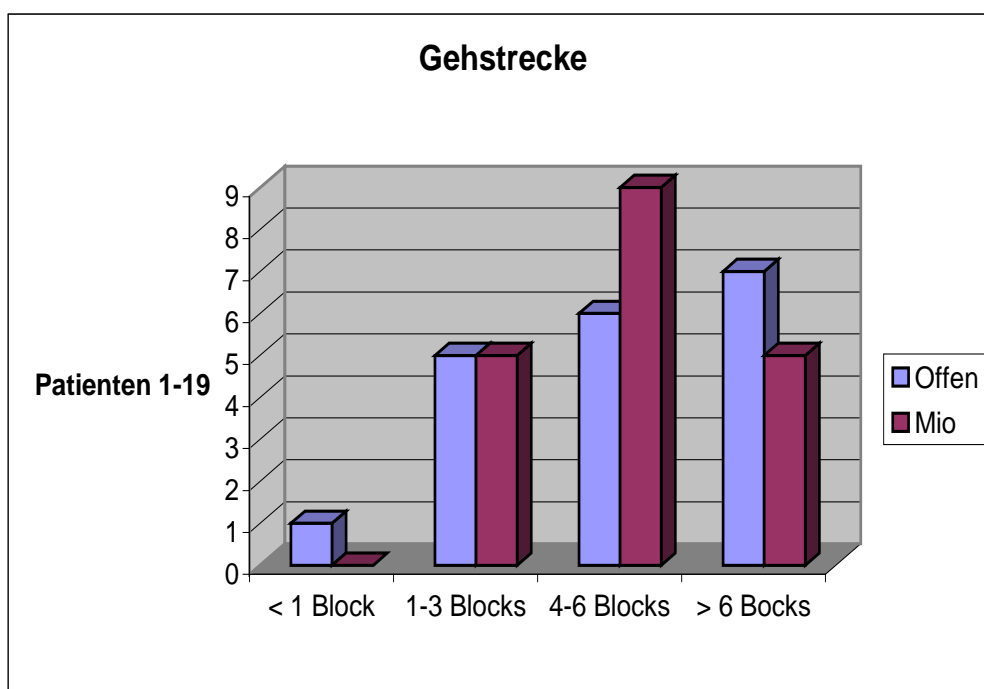
Ein besseres Ergebnis zeigte sich in der **MIO** Gruppe:

Bei **31%** der Patienten lag die Schwellungsdifferenz zur gesunden Seite unter 1 cm, bei **42%** der Patienten zwischen 1-2 cm, **17%** der Patienten klagten über eine mäßige Schwellung und nur bei lediglich **10%** der Patienten konnte eine starke Schwellung festgestellt werden.



Die Gehstrecke war in der **OFFEN** Gruppe in **31%** der Fälle stark eingeschränkt (1-3 Blocks). In **31%** der Fälle war beschwerdefreies Gehen bis zu 6 Blocks möglich und in **38%** der Fälle war die Gehstrecke praktisch nicht eingeschränkt.

In der **MIO** Gruppe war in **26%** der Fälle die Gehstrecke stark eingeschränkt, in **48%** der Fälle war beschwerdefreies Gehen bis zu 6 Blocks möglich und in **26%** der Fälle war die Gehstrecke praktisch nicht eingeschränkt.



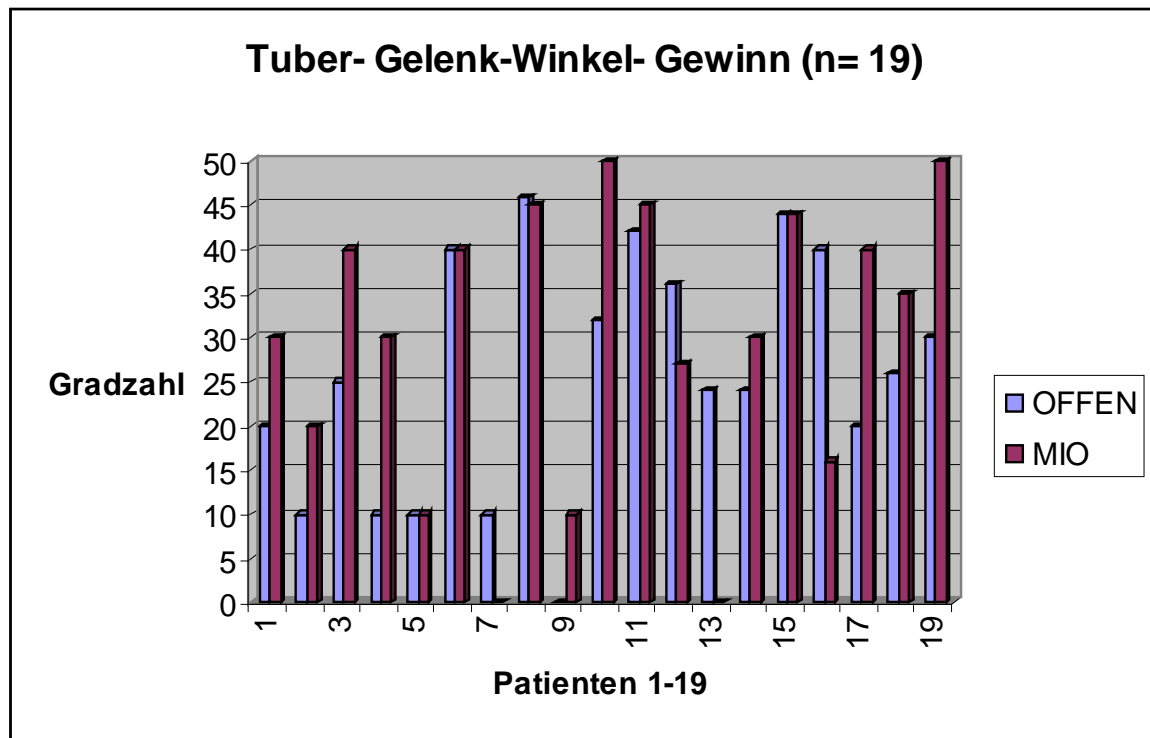
Ein weiterer Untersuchungspunkt war der Unterschied zwischen dem prä- und postoperativem Tubergelenkwinkel.

Bei der Patientengruppe **OFFEN** kam es zu einem durchschnittlichen Tubergelenkwinkel - gewinn von 26 °.

Bei der Patientengruppe **MIO** kam es zu einem durchschnittlichen Tubergelenkwinkelgewinn von 30°.

Die einzelnen Werte sind aus den Diagrammen der Abbildung s. u. zu entnehmen

Ein signifikanter Unterschied der Tubergelenkwinkel zwischen den beiden Gruppen ergab sich bei einem p Wert von 0,379 nicht.



4.2. KOMPLIKATIONEN

Wundinfekte/Osteomyelitis:

Wie in der Literatur üblich, wird zwischen einer oberflächlichen Hautinfektion und einer tiefen Infektion des Gewebes mit Osteitis unterschieden. Im vorliegenden Patientenkollektiv zeigte sich bei 4 von 19 Patienten, die mit einer offenen Reposition behandelt wurden, ein oberflächlicher Hautinfekt, der konservativ mit lokalen Maßnahmen und systematischer Antibiose zur Ausheilung gebracht werden konnte. In der Gruppe der minimalinvasiv behandelten Patienten kam es bei lediglich einem Patienten zur Ausbildung einer Fistel. Ein tiefer Infekt mit Entwicklung einer Osteitis konnte bei keinem Patienten festgestellt werden.

Kompartiment:

1 Patient der minimalinvasiven Gruppe musste wegen eines Kompartmentsyndroms mit einer Fasziotomie behandelt werden.

Arthrodesse/Phlebothrombose/Algodystrophie/Amputation/Pseudarthrose:

Bei 2 Patienten, die mit einer offenen Reposition behandelt wurden, musste eine Arthrodesse des oberen Sprunggelenkes durchgeführt werden.

Bei 2 weiteren Patienten dieser Gruppe kam es zur Entwicklung von Wunddehiszenzen.

Bei keinem Patienten fand sich eine oberflächliche oder tiefe Venenthrombosierung oder Algodystrophie. Kein Patient musste wegen verzögerter Frakturheilung operativ behandelt werden. Es war weder primär noch sekundär eine Amputation notwendig.

Komplikationen :

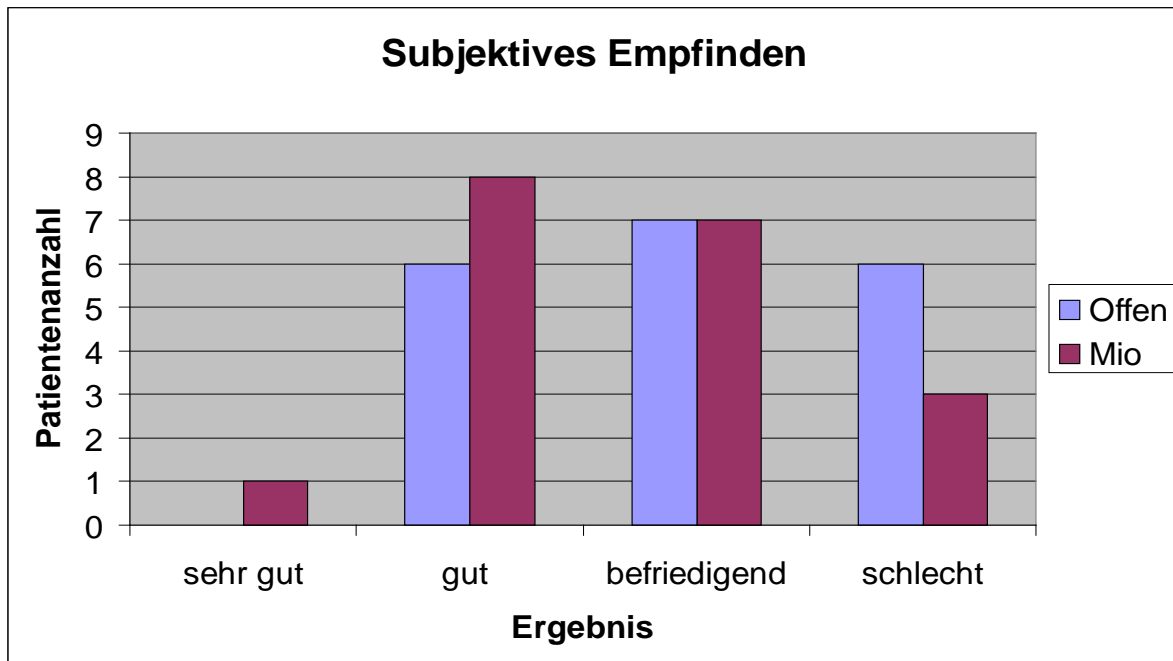
| | OFFEN | MIO |
|---------------------------------------|--------------|------------|
| Infekt oberflächlich | 4 | 1 |
| Infekt tief | 0 | 0 |
| Wunddehiszenz | 2 | 0 |
| Arthrodesse/posttraumatische Arthrose | 2 | 0 |
| Kompartiment | 0 | 1 |

4.3. AUSHEILUNGSERGEBNIS/ OUTCOME

Zur Nachuntersuchung waren alle 38 Patienten erschienen.

Ausgewertet nach dem erreichten Behandlungsergebnis (Kitaoka Score) erzielten in der **OFFEN** Gruppe 32% ein gutes Ergebnis, 36% ein befriedigendes und 32% ein schlechtes Ergebnis.

In der **MIO** Gruppe erreichten 5% ein sehr gutes, 42% ein gutes, 37% ein befriedigendes und 16 % ein schlechtes Ergebnis. (siehe Abb.)



Die Darstellung der einzelnen Kitaoka Score Werte zeigt eine durchschnittlich höhere Punktzahl in der **MIO** Gruppe. Das Minimum des Scores bei der **OFFEN** Gruppe lag bei 42 das Maximum bei 88, der Mittelwert bei 64,58 und die Standardabweichung bei 13,03.

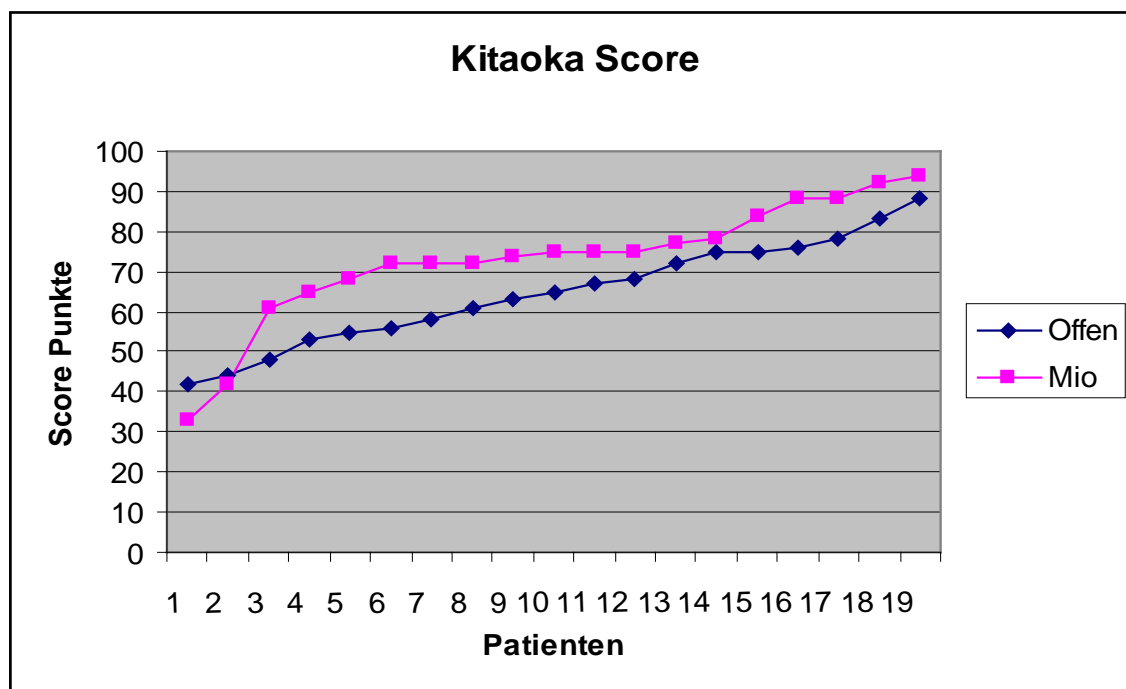
Das Minimum der Gruppe **MIO** betrug 33, das Maximum 94, der Mittelwert 72,89 und die Standardabweichung 15,32.

Im statistischen Test ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden OP Methoden (Mann-Whitney Test; $p=0,05$).

Bei der Unterteilung der einzelnen Frakturgruppen nach Sanders ergab sich beim Vergleich der Gruppe 3AB (**OFFEN-MIO**) ein signifikanter Unterschied bei einem p Wert von 0,029.

Die Gruppe 3BC zeigte eine Signifikanz von 0,029.

Keine signifikanten Unterschiede konnten bei den Gruppen 3 AC ($p=0,294$) und 4 ($p=0,095$) festgestellt werden.



5. DISKUSSION

5.1. Begriffsdefinition und Werdegang der MIO-Technik

Im Laufe der Zeit haben Erfahrungen gerade bei primär röntgenologisch optimal versorgten Frakturen dazu geführt, dass die Osteosynthesetechniken sowohl klinisch als auch experimentell noch intensiver untersucht wurden. Es zeigte sich dabei, dass die Schonung des Weichteilmantels und der Gefäße für den Knochen und seine Heilung von existentieller Bedeutung sind. Der Begriff der biologischen Osteosynthese wurde zunehmend eingesetzt. In diesem Zusammenhang war die Minimalinvasivität ein immer wichtigerer operativer Teilaspekt, um eben die „Biologie des Knochens“ möglichst wenig zu stören.

Claudi schrieb 1991: *„Ziel der „biologischen“ Osteosynthese ist es, die physiologischen Abläufe der Frakturheilung mit einem Minimum an operativen Maßnahmen optimal zu unterstützen. Dies soll erreicht werden zum einen durch bestmögliche Schonung der Vaskularität der Weichteile und des Knochens im unmittelbaren Bereich der Frakturzone. Zum anderen sollen mechanisch günstige, eine zuverlässige Stabilisierung garantierende Osteosyntheseverfahren zur Erreichung des Zieles beitragen, die Biologie im Frakturbereich nicht über das Maß der unfallbedingten Veränderungen hinaus zu kompromittieren (Claudi et al; 1991).*

Diese heute selbstverständlichen Überlegungen waren lange vernachlässigt worden, wurden dann jedoch immer mehr beachtet und führten zur Entwicklung zahlreicher neuer Implantat- und Op- Techniken.

In der heutigen Zeit sollte eine „offene Osteosynthese“ als Alternative nur begrenzt Verwendung finden. Die folgende Tabelle zeigt, wie die möglichen Versorgungsprinzipien im Blick auf deren Biologie zu werten sind, wobei sicherlich fließende Übergänge bestehen.

Die Prinzipien *percutan* und *offen* betreffen im wesentlichen die Weichteiltraumatisierung durch die Osteosynthese, wohingegen das Begriffspaar *rigide* und *elastisch* sich auf die Art der knöchernen Frakturstabilisierung bezieht.

Plattenosteosynthesetechniken:

| | | |
|-------------------------|-----------|--|
| Percutane Osteosynthese | Elastisch | Die“ biologischste“ der Plattenosteosynthesen laut Definition |
| | Rigide | Durch percutan eingebrachte Schrauben und Platten „No touch“ Technik |
| Offene Osteosynthese | Elastisch | Vorläufer der percutanen Technik Heute: gute Alternative bei technischen Problemen der percutanen Technik |
| | Rigide | Unbiologischste Versorgung bei gleichzeitiger Ablösung des Periosts |

Tabelle G : Begriffsdefinitionen: Elastisch-rigide-percutan

5.2. Diskussion der Methodik

Fallzahl:

Die Seltenheit und die Vielfalt der Frakturmöglichkeiten des Fersenbeines und die dadurch bedingte geringe Fallzahl identischer Verletzungen führen zwangsläufig zu einer nur eingeschränkten Aussagekraft dieser Studie.

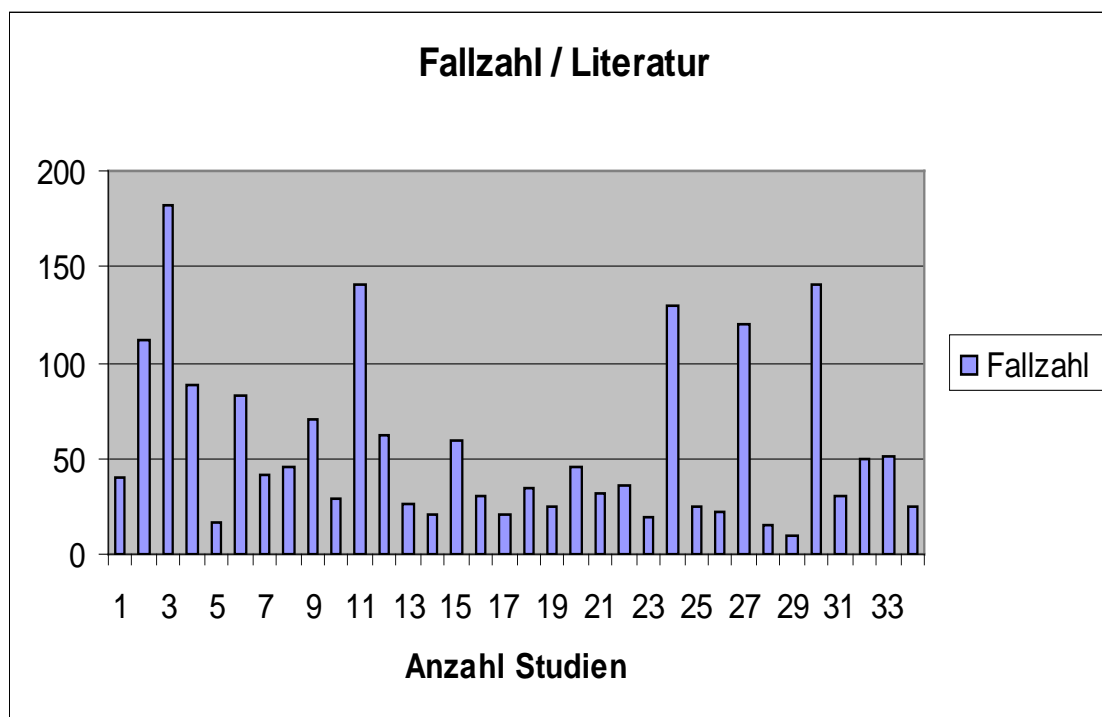
Andererseits macht die Seltenheit dieser Frakturen Untersuchungen an größeren Patientenkollektiven in einem überschaubaren Zeitrahmen mit einer Aufteilung in zwei vergleichbare Patientengruppen sehr schwierig. Oft sind die Patientengruppen in Bezug auf Frakturform, Weichteilschaden und andere Untersuchungsparameter sehr unterschiedlich. So gibt es zur Methode der minimal invasiven perkutanen Plattenosteosynthese im Vergleich zur offenen Osteosynthese am Calcaneus auch derzeit nur eine Studie mit einer Patientenzahl von 23 perkutan behandelten und 3 mit ORIF versorgten Calcaneusfrakturen (Tornetta, 1998). Andere Studien in der heutigen Literatur, die verschiedene operative und konservative Behandlungsmethoden der Calcaneusfraktur untersucht haben, weisen ein durchschnittliches Patientenkollektiv von 52,2 Patienten auf (siehe auch folgende Tabelle).

Nachuntersuchungszeitraum:

Das Minimum der Nachuntersuchung lag bei 6 Monaten, das Maximum bei 12 Monaten. Dieser Zeitabstand wurde als ausreichend empfunden, um alle Daten des klinischen Verlaufes sowie die Entwicklung von Komplikationen zu erfassen. In diesem Zusammenhang wären Ergebnisse eines 10 Jahres Zeitraumes wie bei einigen bereits durchgeführten Studien sehr von Interesse.

| Autor | Fallzahl | Nachuntersuchungszeitraum in Monaten |
|------------------------|----------|--------------------------------------|
| Zachravec et al. 1984 | 182 | |
| Buch et al. 1989 | 129 | 120 |
| Dresing et al. 1990 | 49 | |
| Brunner et al. 1991 | 35 | |
| Melcher et al. 1991 | 21 | |
| Baumgaertl et al. 1993 | 107 | 72 |
| Fernandez et al. 1993 | 38 | 50,4 |
| Zwipp et al. 1993 | 123 | 36 |
| Paley et al. 1993 | 44 | 108 |
| Stephenson et al. 1993 | 22 | 37 |
| Sanders et al. 1993 | 120 | 29,3 |
| Johnson et al. 1993 | 9 | |
| Lynn, Crosby, 1993 | 27 | 36 |
| Funk et al. 1995 | 60 | 44 |
| Melcher et al. 1995 | 17 | 15 |
| Hildebrand et al. 1996 | 15 | 19 |
| Stromsoe et al. 1998 | 40 | |
| Therman et al. 1998 | 83 | 65 |
| Tornetta et al. 1998 | 26 | 34,8 |
| Kankare et al. 1998 | 25 | |
| Siebert et al. 1998 | 35 | 44 |
| Raymakers et al. 1998 | 32 | 69 |
| Louchs, Buckley 1999 | 88 | |

| | | |
|----------------------|----|------|
| Schuh et al. 2000 | 25 | 5 |
| Tornetta et al. 2000 | 46 | 40,8 |
| Tennent et al. 2001 | 47 | 44 |
| Kennedy et al. 2003 | 36 | 48 |
| Aldrige et al. 2004 | 19 | 26,2 |
| Berry et al. 2004 | 29 | 49 |
| Paul et al.c2004 | 70 | 78 |
| Clare et al. 2005 | 40 | 63,6 |
| Garvey et al. 2006 | 31 | 6-48 |



Radiologische Auswertung:

Beurteilt wurden die prä- und postoperativ angefertigten Röntgenbilder wie in der Methodik beschrieben. Von jedem Patienten konnte ein CT angefertigt und nach dem Klassifikationsschema nach **Sanders** ausgewertet werden.

Die Einordnung von Frakturen in Gruppen mit gleichen morphologischen Merkmalen, die dadurch erreichte Vergleichbarkeit und die Möglichkeit, genauere Aussagen über die angezeigte Therapie und eine langfristige Prognose zu treffen, wird von den einzelnen Klassifikationen der vergangenen Jahre nur unterschiedlich gut erreicht:

Das Schema nach **Essex-Lopresti** leistete, wie bereits dargestellt, durch die Differenzierung nach Joint-depression oder Tongue-type Frakturen einen wichtigen Beitrag zum Verständnis des Frakturmechanismus, liefert jedoch keine Aussage über die Therapie oder einen zu erwartenden Heilungsverlauf (Essex-Lopresti, 1952).

Die Überlegungen von **Zwipp et al.** bilden die Grundlage der ersten wirklich CT-basierten Klassifikation. Sie ist gegenüber den auf konventioneller Radiographie basierenden Schemata differenzierter und ermöglicht eine Aussage über therapeutische Konsequenzen. Es wird allerdings auf eine biomechanische Herleitung der Klassifikation aus dem Frakturmechanismus verzichtet.

Die dreigeteilte Einteilung nach **Eastwood et al.** gibt primär keinen Aufschluss über Therapie oder Prognose, denn die Ausführungen werden mehr von Fragen über den geeigneten Zugangsweg zum Anbringen des Osteosynthesematerials bestimmt (Eastwood et al; 1993).

Sanders et al. leiten aus ihrer Klassifikation sowohl die Prognose als auch therapeutische Möglichkeiten ab. Es besteht jedoch das Risiko, parallel zur Schnittführung verlaufende Anomalien zu übersehen oder durch die unpassende Auswahl eines repräsentativen Schnittes ein falsches Gesamtbild zu vermitteln.

Deshalb wurde in dieser Studie die Zuhilfenahme von axialen Schnittbildern vorgenommen; diese werden nicht routinemäßig für Klassifizierungszwecke hinzugenommen.

Nachuntersuchungskriterien:

Da in der Literatur kein Konsens über die Verwendung von Klassifikationen und Scores bei Untersuchungen von Verletzungen des Calcaneus besteht, wurde für die Nachuntersuchung der Score von Kitaoka verwendet. Er enthält sowohl subjektive als auch objektive Parameter. Mit Etablierung dieses Bewertungsschemas im deutschsprachigen Raum wäre die Vergleichbarkeit mit anderen Publikationen ebenso problemlos möglich wie z.B der Vergleich objektiver Parameter wie die Veränderungen des Tubergelenkwinkels oder beispielsweise die Häufigkeit von Komplikationen. Ein weiteres Vorteil, der für die Verwendung dieses Scores spricht, ist die Tatsache, dass es sich dabei um ein Messinstrument handelt, das von einer offiziellen Organisation – der AOFAS-inauguriert wurde und somit von einem größeren Kollektiv von Arbeitsgruppen begründet oder vielmehr akzeptiert wurde. Einen Vergleich mit anderen Scores, die vereinzelt in den bisherigen Studien zur Anwendung kamen, zeigt die unten folgende Tabelle.

Im angloamerikanischen Raum haben sich im wesentlichen 3 Bewertungsschemata durchgesetzt. So wurde der AOFAS (Kitaoka, Alexander et al; 1994) 6-mal (Buch et al., 1996; Burdeaux, 1997; Aldrige et al., 2004; Berry et al., 2004; Egbers et al., 1979; Thordarson et al., 1996), der Maryland Foot Score (Sanders et al; 1993) 4-mal (Gregory et al., 1996; Kerr et al., 1996; Laughlin et al., 1996; Stephens et al., 1996) und der Creighton and Nebraska (Crosby et al; 1990) ebenfalls 3-mal (Crosby et al., 1996; Leung et al., 1993; Monsey et al., 1995) in Untersuchungen von Calcaneusfrakturen verwendet.

| | Kitaoka 1994 | Merle d' Aubigne (a) | AOFAS (Kitaoka, 1994) | CFSS n. Kerr (b) | FAO n. Thoradson 1996 | Rowe (c) | Creighton Nebraska (Crosby, 1990) | Mary Land (Sanders 1993) |
|---------------------------|-----------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------|--|-----------------------------------|
| Schmerz | 45% | 33,3% | 40% | 36% | 30% | 30% | 30% | 45% |
| Aktivität Gehhilfen | 10% | | 10% | 14% | 10% | 30% | 20% | 13% |
| Gehstrecke | 10% | | 5% | | 20% | | | 10% |
| Hinken | 10% | | | | | 20% | | 4% |
| Rückfuß- bewegung | 10% | | 6% | | | | | |
| Achsen- verhältnisse | 15% | 33,3% | 8% | | | | 20% | |
| Schuhwerk | | | | | 10% | | | 10% |
| Gehen auf Oberflächen | | | 5% | 25% | | | | 8% |
| Gangbild- störungen | | 33,3% | 8% | | | | | |
| SG Rückfuß- stabilität | | | 8% | | | | | |
| Form | | | 10% | | | | | 10% |
| Arbeit | | | | 25% | 20% | 20% | 20% | |
| Sport | | | | | 10% | | | |
| Schwellung | | | | | | | 5% | |
| Schuhgröße | | | | | | | 5% | |

Vergleichende Darstellung verschiedener Scores

(a) + (c) aus **Krämer KL et al. (1993)** Scores, Bewertungsschemata und Klassifikationen in Orthopädie und Traumatologie, Stuttgart, New York

(b) **Kerr PS et al. (1996)** Assessing outcome following calcaneal fracture. A rational scoring system Injury 27:35-38

5.3. Diskussion der Ergebnisse

In der vorliegenden Studie sollte untersucht werden, ob Unterschiede beim Einsatz der konventionellen offenen Osteosynthesetechnik gegenüber der percutanen Versorgung von Calcaneusfrakturen aufzuzeigen sind. Es wurden verschiedene Parameter wie *Geschlecht*, *Altersverteilung*, *OP-Zeitpunkt*, *OP-Dauer*, *Liegedauer*, *Schwellung*, *Gehstrecke* und der *Tubergelenkwinkel* untersucht und auf Unterschiede geprüft.

Ferner wurde ermittelt, ob und in welchem Ausmaß sich der Outcome zwischen den beiden OP-Verfahren unterscheidet und welche Schlussfolgerungen für ein optimales Therapieergebnis gezogen werden können.

Bei der statistischen Auswertung der **Geschlechtsverteilung** war das männliche Geschlecht häufiger von Calcaneusfrakturen betroffen als das weibliche. Als Erklärung für die beobachtete Geschlechterasymmetrie könnte eine höhere Exposition der Männer gegenüber Gefahrenquellen (z. B. Beruf) und sonstigen Risiken (z. B. Straßenverkehr) dienen. Eine vergleichende Studie von Janzen et al. mit 45 Patienten weist beispielsweise nur Männer auf (Janzen et al; 1992). Bei einer neueren Studie von Clare et al. mit 40 Patienten sind die Männer mit 31 Patienten, die Frauen mit 9 Patientinnen vertreten (Clare et al; 2005).

Das durchschnittliche **Alter** der Patienten betrug 50 Jahre. Ein Erklärungsansatz hierfür könnte darin begründet liegen, dass im Bereich dieser Altersgruppe eine höhere körperliche Arbeitsbelastung herrscht. Neuere Untersuchungen von Tufescu und Buckley stellten einen Zusammenhang zwischen Geschlecht, Alter, Arbeitsbelastung und daraus folgendem Operationskonzept und prognostischem Outcome dar. Hierbei zeigten männliche oder unter starker körperlicher Arbeitsbelastung stehende Patienten bei einer operativen Therapie ein besseres Resultat (Tufescu et al; 2001).

Der Zeitraum zwischen Aufnahme und operativer Versorgung einer Calcaneusfraktur in der Gruppe OFFEN betrug durchschnittlich 5 Tage; in der MIO Gruppe zeigte sich ein ähnlich durchschnittlicher **OP-Zeitpunkt** am 4. Tag. Vergleicht man vorliegende Ergebnisse mit einigen Studien (Baumgaertl et al., 1993; Garvey et al., 2006; Stromsoe et al; 1998; Zadravec et al., 1984), bewegen sich die Zeitintervalle vom Aufnahmetag bis zur definitiven Versorgung zwischen 5 und 8 Tagen. Dieser Zeitraum wird im allgemeinen benötigt, um eine weitgehende Weichteil-Konsolidierung und damit die OP-Fähigkeit des Patienten zu erreichen.

Die durchschnittliche **OP-Dauer** bei den Patienten der Gruppe OFFEN war mit 125 Minuten deutlich höher als bei der Gruppe MIO mit 96.12 Minuten. Ein großer Vorteil bei einer kürzeren OP-Zeit ist die geringere Belastung des Patienten durch die OP und auch unter ökonomischen Gesichtspunkten bedeuten kürzere OP-Zeiten Kosteneinsparungen für das Krankenhaus. Leider finden sich in der Literatur keine vergleichenden OP-Zeitangaben. Weiterhin gilt es, auch die Anzahl und die Erfahrung der eingesetzten Operateure, die Art der Reposition und die unterschiedlichen chirurgischen Zugänge zu bedenken, die aber aufgrund fehlender Daten nicht vergleichbar sind.

Eine durchschnittlich kürzere **Liegedauer** erzielte die mit minimalinvasiver Reposition behandelte Patientengruppe mit einem kürzeren stationären Aufenthalt (15 Tage) im Vergleich zur herkömmlichen offenen Reposition (19 Tage). Gründe dafür sind in der niedrigeren Komplikationsrate bei percutanem Vorgehen zu sehen.

Allerdings sollte dieses Ergebnis in einer Studie mit einem größeren Patientenkollektiv signifikant bestätigt werden. Vergleichende Angaben finden sich nur sehr spärlich in der Literatur. Nach offener Reposition wird die durchschnittliche Liegedauer nach Raymakers et al (Raymakers et al; 1998) mit 15 Tagen, nach Zadrawecz et al. (Zadrawecz et al; 1984) mit 12 Tagen und nach Melcher et al.(Melcher et al; 1991) mit 14-70 Tagen angegeben.

Ein weiterer Punkt, der für bessere Ergebnisse bei der schonenderen Vorgehensweise des percutanen Verfahrens spricht, ist die Beobachtung der jeweiligen Schwellungsneigung der Patienten. Lediglich 15% Prozent der mit offener Reposition behandelten Patienten berichteten über eine Schwellung < 1cm, dagegen waren 31% der perkutan Versorgten mit der sehr geringen postoperativen Schwellung zufrieden. Nur 10% aller mit MIO versorgten Calcaneusfrakturen zeigten eine sehr starke Schwellung, dagegen wurde in der Vergleichsgruppe bei 31% eine starke Schwellung angegeben. Zum Parameter Schwellung finden sich in der vergleichenden Literatur keine Angaben.

Die bei der Nachuntersuchung erfassten Beschwerden bei der **Gehstrecke** der Patienten brachten keine signifikanten Unterschiede: es berichteten 38% der Gruppe OFFEN und 26% der Gruppe MIO über keine Einschränkung der Gehstrecke. Eine Gehstrecke bis zu 6 Blocks erreichten 48% der MIO Gruppe, dagegen nur 31% der OFFEN Gruppe. Diese Ergebnisse korrelieren nicht mit der Studie von Brunner et al., der bei 33 mit Plattenosteosynthese behandelten Patienten bei der Nachuntersuchung beim Gehen in 94% der Fälle ein sehr gutes und gutes Ergebnis erreichte (Brunner et al; 1991).

Im Mittelpunkt der Diskussion um die geeignete Behandlungsform der Calcaneusfraktur steht unter anderem die Frage, ob der Erfolg der Reposition an der **Wiederherstellung des Tubergelenkwinkels** gemessen werden soll.

Die Verfechter der verschiedenen Repositionsverfahren sehen auch nach teilweiser Wiederaufrichtung des Fersenbeines bessere Resultate (Böhler, 1977; Greiner et al.,1979; Ostapowicz et al., 1978; Salama et al., 1976; Schellmann et al., 1978; Wendt, 1953; Westhues, 1935).

Bei den unterschiedlichen Verfahren ist der klinische Erfolg jedoch in der Literatur umstritten.

Hörster et al. berichtete darüber, dass alle halboffenen und geschlossenen Verfahren den Nachteil haben, dass die zunächst erreichte Wiederherstellung der Anatomie im weiteren Verlauf zumindest teilweise wieder verloren geht. Lediglich Wendt sowie Schellmann und Börner legen eigene Nachuntersuchungsdaten vor, die auf eine Verbesserung der Ergebnisse gegenüber der rein konservativen Behandlung schließen lassen (Wendt, 1953; Schellmann et al; 1978).

Charnley hält demgegenüber jeden Versuch zur Wiederherstellung der Anatomie nach subtalarer Impression für nicht gerechtfertigt und sogar für nachteilig (Charnley, 1961). Als Hauptargument wird angeführt, dass erst nach Aufrichtung einer eingestauchten Calcaneusfraktur Stufenbildungen und Defekte im Bereich der subtalaren Gelenkfläche entstehen, welche als Störfaktor in Frage kommen.

Andere Autoren vertreten einen ähnlichen Standpunkt und stehen jeder Wiederherstellung der subtalaren Gelenkfläche negativ gegenüber (Egbers et al., 1979; Rabenseifner et al., 1981).

Brunner et al., dem es zwar nicht gelang, strukturgleiche Gruppen für den Vergleich zwischen konservativer Behandlung und offener Reposition zu finden, da innerhalb der einzelnen Gruppen ein deutlicher Unterschied des primären Tubergelenkwinkels bestand, berichtete allerdings, dass der Winkel bei den operierten Fällen in einem Drittel auf 5° und in einem weiteren Drittel auf 10° genau aufgerichtet werden konnte (Brunner et al; 1991). Des Weiteren stellte er fest, dass die Wiederherstellung und Erhaltung des anatomischen Tubergelenkwinkels und damit des Fußlängsgewölbes nur durch operative Verfahren gelingt. Russe et al. stellte ebenfalls fest, dass die anatomische Fußform vor allem bei jüngeren Patienten für den weiteren Verlauf der Heilung wesentlich ist und auch bei eventuell notwendigen Sekundäreingriffen Vorteile bietet (Russe et al; 1988).

In der Tabelle (siehe unten) berichten die Autoren über einen durchschnittlichen Tubergelenkwinkelgewinn von $20-30^\circ$ durch operative Maßnahmen (offene Reposition). Buch et al. fand in seiner Studie die perkutane Bohrdrahtfixation nach wie vor vertretbar, da nur durch die Operation der Tubergelenkwinkel wiederhergestellt und das Fußgewölbe erhalten werden kann (Buch et al; 1989). Er gliederte den primär, postoperativ und den bei der Nachuntersuchung festgestellten Tubergelenkwinkel in drei Gruppen (TGW 15° , TGW $1-15^\circ$, TGW $< 0^\circ$ siehe Tabelle). Es wurde ein Tubergelenkwinkelgewinn in der ersten Gruppe um 10° , in der zweiten um 23° und in der dritten Gruppe um 33° erzielt. Sekundär kam es zu einem durchschnittlichen Repositionsverlust von $5-7^\circ$. In der konservativen Gruppe verminderte sich der primäre Tubergelenkwinkel um weitere 3° . Zusammengefasst ergab diese Studie, dass die operierten Calcaneusfrakturen bei einem primären Tubergelenkwinkel von 0° oder weniger bessere Ergebnisse als die konservativ behandelten erzielen. Leider waren aufgrund der ungleichen Patientenzahlen die Ergebnisse der operativen und konservativen Gruppen nicht vergleichbar.

In einem Nachuntersuchungszeitraum von 10 Jahren stellte Buch et al. einen durchschnittlichen Tubergelenkwinkelverlust von 6° fest (Buch et al; 1989). Vergleichende Daten konnten in vorliegender Studie noch nicht herangezogen werden.

Der durchschnittlich bestmöglich erreichte Gewinn von 30° wird in vorliegender Studie durch die minimalinvasive Reposition erreicht, bei offener Osteosynthese wurde ein Gewinn von 26° erreicht.

Nicht in allen Fällen führt die gedeckte Reposition unter Durchleuchtungskontrolle zur anatomischen Wiederherstellung der subtalaren Gelenkfläche. Dennoch scheint die Hebung des imprimierten Teiles mit Wiederherstellung des Tubergelenkwinkels und Beseitigung der Subluxationen im Chopart-Gelenk bei einem großen Prozentsatz der Fälle Spätfolgen zu vermeiden, wenn das Repositionsergebnis bis zur Heilung gehalten werden kann.

Die perkutane Bohrdrahtfixation ist dazu sehr gut geeignet. Nachuntersuchungen haben auch gezeigt, dass sich die Höhlen im Fersenbein ohne Spongiosatransplantation wieder auffüllen lassen (Poigenfürst et al; 1988).

| Autor | Tubergelenkwinkel | | | |
|--|--|---------|------------------------------|-------------|
| Schuh et al. 2000 | Konnte im Mittel durch offene Osteosynthese um $22,13^\circ \pm 10,05^\circ$ aufgerichtet werden | | | |
| Buch et al. 1989 | TGW | primär | postop. | Nachunters. |
| | TGW > 15° | 22° | 32° | 27° |
| | TGW 1°-15° | 8° | 31° | 25° |
| | TGW ≤ 0° | -6° | 28° | 21° |
| Konservativ verminderte sich der prim. TGW um weitere 3° | | | | |
| Kankare al. 1998 | mittlere Korrektur durch Osteosynthese 32° | | | |
| Stephenson et al. 1993 | Präop -1.9° (range -40° bis 20°) Postop. 30° (range 0° bis 45°) | | | |
| Crosby et al. 1993 | Typ 1 Sanders | 19° | range -15 °bis 40° | |
| | Typ 2 Sanders | 10° | range -30°bis 45° | |
| | Typ 3 Sanders | 9° | range -14° bis 18° | |
| Dresing et al. 1990 | Osteosynthese: präop. Ø 3,9° postop. Ø 22,4° Konservativ bei Aufnahme :15,4° bei Nachuntersuchung: 13,1° | | | |
| Baumgaertel et al. 1993 | Mittlere Korrektur um 15° | | | |
| Fernandez et al. 1993 | > 20° | | | |
| Eigene Studie | OFFEN | | MIO | |
| | 3AB | Ø 23,5° | 3AB | Ø 43,5° |
| | 3AC | Ø 23,8° | 3AC | Ø 30,2° |
| | 3BC | Ø 30,5° | 3BC | Ø 22,7° |
| | 4 | Ø 26° | 4 | Ø 23° |
| | durchschnittl. Gewinn 26° | | durchschnittl. Gewinn 30° | |

Tabelle: Tubergelenkwinkelergebnisse

Outcome:

Um beide Behandlungsmethoden zu vergleichen, wurde versucht, statistisch vergleichbare Gruppen im Hinblick auf Patientenanzahl und Frakturform zu finden.

Hypothetisch wurde erwartet, mit der perkutanen Reposition auch bei schwereren Bruchformen bessere Ergebnisse, als bei dem offenen Vorgehen erzielen zu können.

Bei der minimalinvasiven Behandlung erreichten 47% der Patienten ein sehr gutes und gutes, 37% ein befriedigendes und nur 16% ein schlechtes Ergebnis.

In der mit offener Reposition behandelten Patientengruppe erreichten 32% ein gutes, 36% ein befriedigendes und 32% ein schlechtes Ergebnis.

Statistisch signifikant bessere Ergebnisse konnten vor allem in den Gruppen 3AB und 3BC der Sanders Klassifikation erzielt werden. Bei der Gruppe 3AC und bei den schwersten Bruchformen wie in der Gruppe 4 wurde kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Therapieformen festgestellt.

Die eigenen Untersuchungen über zwei Patientengruppen, die mit jeweils offener und perkutaner Reposition behandelt wurden, mit Studien aus der Literatur zu vergleichen ist schwierig, unterscheiden sie sich doch in Studienaufbau, Patientenkollektiv, Frakturklassifikation und Verwendung von Scores zum Teil beträchtlich.

Sanders et al. fanden in einer Studie mit 120 Patienten eine Korrelation ihrer Ergebnisse mit spezifischen Frakturtypen (Sanders et al; 1993). Bei 2-Teile-Frakturen konnte in 86% der Fälle eine anatomische Rekonstruktion erzielt werden, was bei 73% der Patienten zu guten oder sehr guten Ergebnissen führte. Bei 3-Teile-Frakturen gelang die anatomische Wiederherstellung nur in 60% der Fälle, klinisch ergaben sich daraus bei 70% aller Patienten gute Ergebnisse. 4-Teile-Frakturen ließen schließlich nur in 27% eine anatomische Rekonstruktion zu, jedoch 80% der klinischen Ergebnisse waren nicht zufriedenstellend. Gute und sehr gute Ergebnisse konnten nur bei einer primär anatomischen Reposition erzielt werden.

In größeren Serien mit mehr als 100 nachuntersuchten Patienten werden nach offener Reposition und Plattenosteosynthese bei 50 bis 85% der Patienten gute und ausgezeichnete Resultate beschrieben (siehe Tabelle). Schlechtere Ergebnisse finden sich nach schweren Frakturformen, offenen Frakturen und nicht anatomischer Reposition. Die im Vergleich zur Literatur schlechteren Prozentzahlen der Ergebnisse dieser Studie lassen sich auf das durchschnittlich höhere Alter der Patienten und den höheren Schweregrad der Frakturformen zurückführen.

Im Bereich des therapeutischen Outcomes stimmen jedoch die Ergebnisse mit einer Untersuchung von Tornetta et al. überein, der in seinem Kollektiv mit 46 Patienten, die mit perkutaner Fixation nach Essex-Lopresti behandelt wurden, bei 50% exzellente, bei 35% gute und bei 15 % mäßige Ergebnisse (Maryland Foot Score) erzielte (Tornetta, 2000). Anlehnend an seine Empfehlung, vor allem Typ 2C Frakturen, bei denen die besten Resultate erzielt wurden, perkutan zu behandeln, lässt sich eine ähnliche Tendenz in der vorliegenden Studie bei 3AB und 3 BC Typen nach Sanders feststellen.

Eine einzelne Studie von Tornetta et al. vergleicht die perkutane Reposition versus ORIF und stellt deutlich bessere Ergebnisse bei der minimalinvasiven Technik fest (Tornetta, 1998). Es werden verschiedene Faktoren benannt, die zur Überlegenheit der perkutanen Reposition beitragen:

zum einen kam es nicht zu einer Frakturierung der posterioren Facette, denn die Reposition konnte als ganzes Stück vorgenommen werden und zum anderen reduzierte der minimalinvasive Zugang die postoperative Narbenbildung.

Wie auch bereits bei anderen operativen Verfahren dürften durch eine Verfeinerung der perkutanen Technik noch bessere Ergebnisse erzielt werden. So berichtet Bezes in einer ersten Serie von 74% sehr guten und guten Ergebnissen, die er in einer zweiten Serie auf 90% steigern konnte (Bezes et al; 1984). Thermann et al. stellte fest, dass bei 2-Teile Frakturen nach der Sanders Klassifikation in Anbetracht der bestehenden Knorpelschädigung durch das initiale Trauma ein gutes oder sehr gutes Ergebnis durch offene Reposition bei ca. 70 % der Patienten ein realistisches Ziel darstellt (Therman et al; 1998). Bei 3-Teile Frakturen kann die anatomische Reposition zwar nur bei ca. 60 % der Patienten gelingen, doch sind auch hier 70% insgesamt gute Ergebnisse eine realistische Zielvorstellung.

| Autor | Score | Ergebnisse |
|----------------------|-------------------------------------|---|
| Clare et al. 2005 | AOFAS | Average : 73,8 Typ 1: 68,2 Typ 2 : 74,2 Typ 3: 76,1 |
| Berry , 2004 | | |
| Schuh et al. 2000 | AOFAS (1) CFSS (2) FOA (3) | (1) 76,52 ± 14,2 (2) 77,40 ± 15,22 (3) 70,08 ± 18,53 |
| Tornetta et al. 2000 | Maryland Foot Score | 50% excellent 35% good 15% fair |
| Therman et al. 1998 | | 48% good/ excellent 29% satisfactory 9% poor 14% failed |
| Zwipp et al. 1993 | 200 Punkte | 16,4% excellent 44,7% good 32,5% satisfactory 6,5 % poor |
| Paley et al. 1993 | Eigener(1) Rowe(2) Stephenson(3) | excellent fair poor good (1) 32 12 8 (2) 32 6 14 (3) 27 25 0 |
| Raymakers et al.1998 | Creighton Calcaneal Score | 73% excellent good 21% fair 6% poor |
| Sanders et al. 1993 | Maryland Foot Score | Failures 13% 20% 73% |
| Crosby et al. 1993 | | 61% excellent /good 32,5% satisfactory |

| | | | | | | | |
|---------------|---------|-----------|------------|----------|-----|--------------|----------|
| | | 6,5% poor | | | | | |
| Eigene Studie | Kitaoka | | | Sehr gut | gut | befriedigend | schlecht |
| | | Offen | Typ | | | | |
| | | | 3AB | | | | 100% |
| | | | 3AC | | 33% | 67% | 6 |
| | | | 3BC | | | 25% | 75% |
| | | | 4 | | 80% | 20% | |
| | | Mio | Typ | | | | |
| | | | 3AB | 50% | 50% | | |
| | | | 3AC | 17% | 67% | 16% | |
| | | | 3BC | 25% | 75% | | |
| | | | 4 | 20% | 40% | 40% | |

Tabelle: Score Ergebnisse

Weichteilproblematik:

Der Schlüssel zur erfolgreichen Behandlung von Calcaneusfrakturen liegt in der Beherrschung der Weichteilproblematik. Die Weichteilschäden bestimmen als Infektquelle und Ursache von Durchblutungsstörungen die Prognose der Verletzungen entscheidend.

Als häufigste Komplikation kommen Hautschäden durch Bohrdrahtperforationen vor. Buch hat bei 172 Fersenbeinbrüchen nach Bohrdrahtfixation 6 schwere Infektionen (3,5 %) gezählt (Buch, 1980). In der vorliegenden Studie wurden in der mit offener Reposition behandelten Gruppe 10,5 % oberflächliche Infekte und 5,2 % Wunddehiszenzen beobachtet; diese Zahl stimmt mit in anderen Studien beobachteten Komplikationsraten überein (Wundrandnekrosen 2-10% siehe 2.7 Komplikationen). Deutlich bessere Ergebnisse konnten mit der perkutanen Methode erzielt werden: es zeigten sich lediglich bei 2,6 % der Patienten Wundrandnekrosen. Tornetta et al. berichtete in seiner Studie über die perkutane Behandlung von Calcaneusfrakturen über ein sehr geringes Risiko für tiefe Weichteil- und Knocheninfektionen und über allgemein verminderte Komplikationen beim Vergleich von offener und minimalinvasiver Reposition (Tornetta, 2000).

Dieser Trend in Richtung niedrigere Komplikationsraten bei perkutaner Vorgehensweise sollte mit einem größeren Patientenkollektiv überprüft werden.

Bei Fröhlich et al. traten nach geschlossener Reposition Wundheilungsstörungen in 2,1% der 103 Fälle auf (Fröhlich et al; 1999). Diese Ergebnisse wurden in einer retrospektiven Studie mit 34 Patienten, die mit offener Reposition behandelt worden waren, verglichen. Unglücklicherweise wurden die beiden Patientengruppen nicht nach Fraktуреinteilungen und Patientencharakteristika unterteilt. Auch lagen bei der mit offener Reposition behandelten Gruppe deutlich schwerere Bruchformen vor. Stehlik und Stulik beschrieben in einer Studie mit 16 Patienten, die mit perkutaner Reposition behandelt wurden, eine Komplikationsrate von unter 1% (Stehlik et al; 2002).

Die gefürchteten Komplikationen der tiefen Weichteil- und Knocheninfektionen konnte bei keiner der beiden Gruppen unseres Kollektivs beobachtet werden.

Das Auftreten von Kompartmentsyndromen nach Calcaneusfrakturen ist in der Literatur mit 10% bis zu mehr als 50% angegeben worden [siehe S. 52, 2.7 Komplikationen] In der durchgeführten Studie musste nur bei einer polytraumatisierten Patientin, die mit minimalinvasiver Reposition versorgt wurde, ein Kompartmentsyndrom behandelt werden.

Arthrodese:

Als Spätkomplikation musste bei 5,2 % der Gruppe OFFEN eine Arthrodese durchgeführt werden. Die Rate notwendiger sekundärer Arthrosen nach primärer Osteosynthese liegt zwischen 2-5% (Zwipp, 1994).

Deformation:

Eine zu wenig beachtete posttraumatische Veränderung ist die Verbreiterung des Calcaneus. Eine Nachuntersuchung von Buch et al. hat gezeigt, dass ohne Reposition und nach Reposition mit Bohrdrahtfixation viele Patienten auf den plantaren Vergleichsröntgenbildern noch eine Verbreiterung des verletzten Calcaneus von 5 mm oder mehr zeigen (Buch et al; 1989). Klinische Symptome dieser Fehlform sind die häufig empfundene Druckempfindlichkeit im Bereich des Außenknöchels.

Manches unbefriedigende Ergebnis nach subtalarer Arthrodese beruht auf dem weiter bestehenden Peronäussehnnensyndrom. Die übrigen Misserfolge verteilen sich auf nicht beachtete calcaneocuboidal Arthrosen und ungenügend korrigierte Valgusfehlstellungen im Subtalgelenk (Poigenfürst et al; 1988).

Die in vorliegender Studie geschilderte Behandlungsmethode kann die Fersenbeinverbreiterung ebensowenig beseitigen wie die funktionelle Therapie, aber durch den schonenden perkutanen Zugang werden vaskuläre Folgen vermieden. Die Wiederherstellung des Fußgewölbes erlaubt der Muskulatur, trotz Ruhigstellung bald wieder ein normales Kräftespiel zu entfalten.

Sollte eine **Arthrodese** erforderlich werden, genügt vielfach die Drehverriegelung, weil keine Fehlstellung korrigiert werden muss und die Subluxation im Chopart Gelenk behoben ist (Poigenfürst et al; 1979). Die Verbreiterung des Calcaneus kann später durch Verschmälerung beseitigt werden. Die geringe Infektionsrate macht uns das Verfahren im Vergleich zur offenen Reposition empfehlenswert (Poigenfürst et al; 1988).

Bei der Versorgung jeder intraartikulären oder gelenknahen extraartikulären Fraktur sollten folgende Aspekte so gut wie möglich erreicht werden: eine exakte Reposition sollte stattfinden, um eine sekundäre Gelenkarthrose zu vermeiden, und es sollte eine möglichst übungstabile Situation erreicht werden, um Gelenkimmobilisationsschäden zu verhindern.

Beide Forderungen wirken sich positiv auf die Heilung der Gelenkverletzung aus. Insbesondere auch eine frühzeitige Bewegung des Gelenkes führt zu einer Verbesserung der Knorpelernährung und Heilung. Die Interpretation der Zahlen über die Pseudarthrosehäufigkeit aus der Literatur ist sehr schwierig, da sie häufig nicht von der verzögerten Frakturheilung unterschieden wird und sehr häufig unterschiedliche Patientenkollektive bestehen. Die Zahlen liegen zwischen 0,7-1,6 % (siehe S. 53, 2.7 Komplikationen) und decken sich mit dem in der vorliegenden Studie beobachteten Prozentsatz von 0%.

Die perkutane Methode hat besondere Vorteile für starke Raucher und Diabetiker, da das Risiko einer tiefen Infektion sehr gering ist und andere Komplikationen, wenn sie mit denen von offenen Techniken verglichen werden, verschwindend gering sind (Tornetta, 2000).

Die Prognose von Calcaneusfrakturen konnte durch neue Operationsmethoden und einem gewandelten Therapieschema mit deutlicher Verminderung der Komplikationsraten entscheidend verbessert werden. Nach Ansicht von Thermann et al. kann nur eine anatomische Rekonstruktion des gesamten Calcaneus mit einer anschließenden funktionellen Weiterbehandlung ein optimales Ergebnis bringen (Thermann et al; 1998)

| Autor | Wundrand- nekrosen | | tiefe Weichteil + Knocheninfektion | Pseudarthrosen | Sensibilitäts- störungen | Arthrodesen |
|-------------------------------|---|---------------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------------------|-------------|
| Clare et al. 05 | 24% verzögerte Wundheilung | | | | | |
| Zwipp et al. 1993 | 8,3% | | 7,9% | 7,3% | | |
| Paley et al. 1993 | 1,6% | | | | 18% | |
| Schuh et al 2000 | 12% | | | | 16% | |
| Ray- makers et al. 1998 | | | | | 6% | 6% |
| Sanders et al. 1993 | | | | | 12% | |
| Buch et al.1989 | | | 2,5% | | | 2,5% |
| Crosby et al. 1993 | 8,3% | | 1,9% | 1,3% | | |
| Eigene Studie | OFFE N 10,5% | MIO 2,6% | Wunddehiszenz OFFEN 5,2% | | Kompart- ment MIO 2.6% | 2,5% |

Tabelle: Komplikationen bei operativ behandelten Calcaneusfrakturen

Eine abschließende Darstellung veranschaulicht die Verbesserung der Langzeitergebnisse von Calcaneusfrakturen durch operative Therapiemaßnahmen.

Beim Vergleich zwischen konservativer und operativer Therapie zeigen folgende Tabellen, dass bei der operativen Therapie die Komplikationen von Wunddehiszenzen und Infektionen geprägt sind, bei konservativer Therapie dagegen bedeutende Spätkomplikationen wie Arthrosen und Fehlstellungen auftreten.

| Autor | Patientenzahl | Arthritis | Schmerzen | Verminderter Range of Motion | Andere Komplikationen |
|---------------------|---------------|-----------|-----------|------------------------------|---|
| Herman 1937 | 152 | 13,15% | 13,15% | | |
| Slatits et al. 1979 | 86 | 16,3% | 67,4% | 36% | Sehnenverletzungen 3,5% |
| Pozo et al. 1984 | 21 | 80,1% | 80,1% | 33,3% | Fehlstellung 86% Fußballenschmerz 42% |
| Crosby et al. 1993 | 30 | 36,67% | 36,67% | | |
| Kitaoka et al. 1994 | 27 | | | | Schwellung 52% Wundschmerz 4% Nervenschädigungen 4% |

Tabelle : Komplikationen bei konservativ behandelten Calcaneusfrakturen

| Autor | Patientenzahl | Wundproblematik | Nervenschäden | Arthritis | Andere Komplikationen |
|------------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------|---|
| Buckley and Meek 1992 | 32 | 12,5% | 15,6% | 6,25% | Schmerz: 6,25% LOM: 6,25%, |
| Leung et al. 1989 | 6 | 3,13% | 7,8% | | Schwellung: 4,7% Sehnenverletzungen 1,5% |
| Bezes et al. 1993 | 257 | 0,4% | 10% | | |
| Bernischke et al. 1993 | 80 | 3,75% | | 3,75% | |
| Sanders 2000 | 132 | 7,57% | 2,5% | 12,9% | Sehnenverletzungen : 16% |
| Fernandez 1993 | 41 | 7,3% | | | Schmerz: 34,2% LOM: 7,3% |
| Abidi 1999 | 64 | 32,8% | | | |

Tabelle: Komplikationen bei operativ behandelten Calcaneusfrakturen

6. BEANTWORTUNG DER FRAGESTELLUNG

Ziel der vorliegenden Studie war die Beantwortung der Frage, ob qualitative Unterschiede zwischen der offenen und percutanen Reposition bei Calcaneusfrakturen gefunden werden können.

Eine gute Vergleichbarkeit der Gruppen konnte durch die Homogenität bei den Parametern Fallzahl, Geschlecht, Alter und Fraktureinteilung erreicht werden (siehe Tabelle).

| | OFFEN | | MIO | |
|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|
| Fallzahl | 19 | | 19 | |
| Geschlecht | 3 Frauen, 16 Männer | | 3 Frauen, 16 Männer | |
| Alter | 52,6 Jahre | | 49,7 Jahre | |
| Fraktureinteilung nach Sanders | 3AB | 4 Patienten | 3AB | 4 Patienten |
| | 3AC | 6 Patienten | 3AC | 6 Patienten |
| | 3BC | 4 Patienten | 3BC | 4 Patienten |
| | 4 | 5 Patienten | 4 | 5 Patienten |
| Op Zeitpunkt | 5 Tage | | 4 Tage | |
| Op Dauer | 125 min | | 96,12 min | |
| Liegedauer | 19 Tage | | 15 Tage | |
| Schwellung | gering | 41% | gering | 73% |
| | mäßig | 28% | mäßig | 17% |
| | stark | 31% | stark | 10% |
| Gehstrecke | Keine Einschränkung | 38% | Keine Einschränkung | 26% |
| | mäßig | 31% | mäßig | 48% |
| | stark | 31% | stark | 26% |
| Tubergelenkwinkel | durchschnittlicher Gewinn 26° | | durchschnittlicher Gewinn 30° | |
| Infekt oberflächlich | 4 | | 1 | |
| Infekt tief | 0 | | 0 | |
| Wunddehiszenz | 2 | | 0 | |
| Arthrodese | 2 | | 0 | |
| Kompartment | 0 | | 1 | |
| Score nach Kitaoka Outcome | Sehr gut | | Sehr gut | 5% |
| | Gut | 32% | Gut | 42% |
| | Befriedigend | 36% | Befriedigend | 37% |
| | Schlecht | 32% | Schlecht | 16% |
| Score Wert nach Kitaoka | 64,58 | | 72,89 | |

Die Vorteile der minimalinvasiven Osteosynthese können bei der Überprüfung der eingangs formulierten Hypothesen mit der vorliegenden Studie wie folgt aufgezeigt werden:

- **mit der MIO wurde eine tendenziell niedrigere Infektionsrate beobachtet**
- **mit der MIO wurden kürzere Operationszeiten und kürzere stationäre Aufenthalte erreicht**
- **Es wurde bei der MIO ein durchschnittlicher besserer Tubergelenkwinkel Gewinn erzielt; eine Aussage über die Entwicklung des postoperativen Tubergelenk Winkels über einen längeren Zeitraum konnte noch nicht getroffen werden**
- **Die Anzahl der notwendigen Arthrodesen war mit der MIO geringer**
- **Mit der MIO wurde ein signifikant besserer Outcome, gemessen anhand des Scores nach Kitaoka, erreicht**

7. ZUSAMMENFASSUNG

„It has long been generally accepted that the results of fractures of the os calcis are bad and that recovery is slow and incomplete (Essex-Lopresti, 1952). „

Mit diesem Statement begann Peter Essex-Lopresti 1952 seinen Artikel über die Ergebnisse von Calcaneusfrakturen. Glücklicherweise bestätigt sich heute, 56 Jahre später, diese Sichtweise nicht mehr:

Frakturen des Fersenbeins, die mit 75% die häufigste Frakturart im Bereich der Fußwurzelknochen sind, stellen aufgrund der komplexen funktionell-anatomischen Bedeutung des Calcaneus besondere Anforderungen an Therapie und Klassifikation der Fraktur.

Zur belastungsstabilen Versorgung von Calcaneusfrakturen haben sich in der klinischen Anwendung offene Osteosyntheseverfahren bewährt. Seit 1999 kommen in der Unfallchirurgie des Klinikums Rosenheim zusätzlich perkutane Osteosyntheseverfahren zum Einsatz, die den herkömmlichen Osteosyntheseverfahren bezüglich ihrer intra- und postoperativen Komplikationsrate überlegen sein sollen.

In der vorliegenden Studie wurde ein prospektiver Vergleich zwischen offenen und perkutanen Osteosyntheseverfahren hinsichtlich der operativen und funktionellen Ergebnisse vorgenommen.

Im Zeitraum von 2/1999 bis 10/2004 wurden die Behandlungsverläufe von 38 Patienten mit Calcaneusfrakturen, die in der Unfallchirurgischen Abteilung des Klinikums Rosenheim, Lehrkrankenhaus der Ludwig-Maximilians-Universität München untersucht wurden, unter Verwendung von offenen und perkutanen Osteosyntheseverfahren über einen minimalen Zeitraum von 6 Monaten prospektiv erfasst. Davon wurden 19 Patienten mittels konventioneller, offener Osteosynthesetechniken und 19 Patienten mit einer perkutanen Osteosynthese versorgt.

Das Durchschnittsalter lag für das mit einer offenen Reposition versorgte Patientengut bei 52,6 Jahren und für das minimalinvasiv behandelte bei 49,7 Jahren. Die Geschlechteraufteilung zeigte mit einer Verteilung von 84% zu 16% eine deutliche Dominanz zugunsten der Männer.

Als Grundlage für die Fraktуреinteilung diente die Klassifikation nach Sanders. Es zeigten sich jeweils identisch verteilte Gruppen: 3AB (4 Patienten), 3AC (6 Patienten), 3BC (4 Patienten), 4 (5 Patienten) .

Der durchschnittliche Zeitraum zwischen Aufnahme und operativer Versorgung des Patienten lag zwischen 4 – 5 Tagen. Die durchschnittliche OP-Zeit bei den minimalinvasiv versorgten Patienten war mit 96.12 Minuten deutlich kürzer als bei den mit einer offenen Reposition versorgten Patienten mit 125 Minuten.

Die Dauer des stationären Aufenthaltes nach der offenen Plattenosteosynthese betrug im Mittel 19 Tage, bei der minimalinvasiven Versorgung dagegen nur 15 Tage.

Bessere Resultate des minimalinvasiven Verfahrens ergaben sich auch bei den Parametern Schwellung und Gehstrecke.

Im Hinblick auf den Tubergelenkwinkel konnten die prä- und postoperativ angefertigten Röntgenbilder (nach Broden) eine postoperative Verbesserung des Winkels bei der minimalinvasiven Patientengruppe um 30 °, bei der mit offener Reposition versorgten Gruppe lediglich um 26 ° zeigen.

Als ein weiteres Ergebnis der durchgeführten Studie zeigte sich, dass die Komplikationsrate vom jeweiligen Osteosyntheseverfahren abhängig war:

Es konnte eine geringere Infektionsrate beim minimalinvasiven Verfahren (oberflächliche Infektion: 4 Patienten der Gruppe OFFEN, 1 Patient der Gruppe MIO) gezeigt werden.

Diese geringere Infektionsrate ist aufgrund der geringen Fallzahl nur als Tendenz zu werten; dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant.

Bei der mit offener Reposition behandelten Gruppe musste zusätzlich bei 2 Patienten eine Arthrodesen durchgeführt werden.

Anhand des Scores nach Kitaoka ließ sich im postoperativen Verlauf ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Osteosyntheseverfahren feststellen. Es zeigte sich bei perkutaner Reposition bei 47% der Patienten ein sehr gutes und gutes, bei 37% ein befriedigendes und bei 16% ein schlechtes Ergebnis. Bei der mit offener Osteosynthesetechnik behandelten Gruppe zeigte sich bei 32% der Patienten ein gutes, bei 36% ein befriedigendes und bei 32% ein schlechtes Ergebnis.

Im Rahmen dieser Analyse verschiedener Parameter hinsichtlich ihres Einflusses auf die postoperative Wiedererlangung des ursprünglichen Funktionszustandes stellte sich ein deutlich besseres Ergebnis bei Patienten, die mit der minimalinvasiven Methode behandelt wurden, ein.

Unter Berücksichtigung der diskutierten Ergebnisse kann von einem adäquaten Therapiekonzept bei der Behandlung von Calcaneusfrakturen in der Unfallchirurgischen Abteilung des Klinikums Rosenheim ausgegangen werden.

8. Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------|---------------------------------|
| MIO | minimalinvasive Operation |
| OFFEN | offene Repositionsosteosynthese |
| LOM | limitation of motion |

9. Literaturverzeichnis

Abidi N, Chawan S, Gruen G et al. (1999) Wound healing risk factors after open reduction and internal fixation of calcaneal fractures. *Foot Ankle Int* 19:856-861

Aldridge JM III, Easley M, Nunley JA (2004) Open Calcaneal Fractures. *J Orthop Trauma* Vol 18 No 1

Barnard L (1963) Non operative treatment of fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg [Am]* 45:865

Baumgaertl FR, Gotzen L (1993) Two-stage operative treatment of comminuted os calcis fractures. Primary indirect reduction with medial external fixation and delayed lateral plate fixation. *Clin Orthop* 290: 132-141

Benirschke S et al.(1993) Extensive intraarticular fractures of the foot. *Clin Orthop* 292:128-134

Berry GK et al. (2004) Open Fractures of the Calcaneus. *J Orthop Trauma* Vol 18 No 4

Bezes H, Delvaux MD, Fourquet JP et al (1993) The operative treatment of intraarticular calcaneal fractures. *Clin Orthop* 290:55-59

Bezes H, Massart P Fourquet JP (1984) Die Osteosynthese der Calcaneus- Impressionsfraktur. Indikation, Technik und Resultate bei 120 Fällen. *Unfallheilkunde* 87:363

Böhler L (1977) Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Bd II.10-13.Aufl. Maudrich, Wien

Börner M (1983) Die operative Aufrichtung von Fersenbeintrümmerbrüchen und deren Ergebnisse. *Unfallchirurgie* 9:209

Brenner P, Ramelt S, Gavlik JM., Zwipp H (1999) Die frühe Defektdeckung nach offenen Fußverletzungen. *Langenbecks Arch Surg Suppl Kongressbd* 116:990-992

Brockmüller U, Heimann D, Otto K (1974) Ergebnisse bei Fersenbeinbrüchen nach funktioneller Behandlung und Ruhigstellung im Gips. *Monatsschr. Unfallheilkd* 77:277

Broden B (1949) Roentgen examination of the subtaloid joint in fractures of the calcaneus. *Acta Radiol* 24:306

- Broesike G (1902)** Anatomischer Atlas des gesamten menschlichen Körpers. I. Bd., Abteilung II. Fischer`s Medizinische Buchhandlung Kornfeld, Berlin, S.221
- Brunner U, Kenn RW, Slavik J, Schweiberer L (1992)** Die intraartikuläre Calcaneusfraktur. Unfallchirurg 95: 358-366
- Brunner H, Betz A, Halama R (1991)** Die operative Behandlung der Kalkaneusfraktur. Orthopäde 20: 55-66
- Buch J et al. (1989)** Konservative Behandlung des Fersenbeinbruches versus Reposition und perkutane Bohrdrahtfixation. Unfallchirurg 92: 595-603
- Buch BD, Myerson MS, Miller SD (1996)** Primary subtalar arthrodesis for the treatment of comminuted calcaneal fractures. Foot ankle Int 17:61-70
- Buch J (1980)** Bohrdrahtosteosynthese des Fersenbeinbruches. Aktuelle Chirurgie 15:285
- Buckley R, Meek R (1992)** Comparison of open versus closed reduction for intraarticular calcaneal fractures : A matched cohort in workmen. J Orthop Trauma 6:216-222
- Burdeaux BD (1993)** The medial approach for calcaneal fractures. Clin Orthop 290: 96-107
- Burdeaux BD (1997)** Fractures of the calcaneus: open reduction and internal fixation from the medial side: a 21- year prospective study. Foot Ankle Int 18:685-692
- Carr J.B.(1994)** Surgical treatment of the intra-articular calcaneus fracture. Orthop Clin North Am 25: 665-675
- Charnley J (1961)** The closed treatment of common fractures. Livingstone, Edinburgh
- Clare P, William EL, Sanders RW (2005)** Intermediate to long-term results of a treatment protocol for calcaneal fracture malunions. J Bone Joint Surg Am 87 (5) 963- 73
- Claudi BF, Oedekoven G (1991)** Biologische Osteosynthesen. Chirurg 62: 367-377
- Conn HR (1935)** The Treatment of fractures of the Os calcis. J Bone Joint Surg 17:392
- Contzen H, Börner M (1980)** Kalkaneus. Krankenhausarzt 53:423
- Cooper B (1835)** Lectures on the principles and practice of surgery. Banchard and Lea, Philadelphia p. 248
- Crosby LA, Fitzgibbons T (1990)** Computerized tomography scanning of acute intra-articular fractures of the calcaneus. J Bone Joint Surg Am 72: 852-859

Crosby LA, Fitzgibbons T (1993) Intraarticular Calcaneal Fractures: Results of closed treatment. Clin Orthopaedics 290:47-54

Crosby LA, Fitzgibbons T (1990) Computerized tomography scanning of acute intra-articular fractures of the calcaneus. J Bone Joint Surg Am 72: 852-859

Crosby LA, Fitzgibbons T (1996) Open reduction and internal fixation of type II intra-articular calcaneus fractures. Foot Ankle Int 17:253-258

Decoulx J, Bouretz JC, Capron JC (1975) Le relevement enclouage a foyer ferme (REFF) des fractures-enfoncements thalamiques du calcaneum. Chirurgie 101: 887-900

Destot E (1902) Fractures du tarse posterieur. Rev Chir 26: 218-49

Destot E (1911) Traumatism du pied et rayons X. Masson, Paris

Dresing K, Eyssel M (1990) Die Behandlung der intraartikulären Kalkaneusfraktur im Krankenhaus der Regelversorgung. Unfallchirurg 93: 320-326

Eastwood DM, Gregg PJ, Atkins RM (1993) Intra-articular fractures of the calcaneum, part 1: pathological anatomy and classification. J Bone Joint Surg Br 75: 183-188

Edwards E (1960) Anatomy of the small arteries of the foot and toes. Acta anat 41:81

Egbers HJ, Gerner HJ (1979) Die frühfunktionelle Behandlung und ihre Ergebnisse. Hefte Unfallheilkd 134: 174

Eisendraht DN (1905) Fractures of the os calcis. Ann Surg 41: 363

Essex –Lopresti P (1952) The mechanism, reduction, technique and results in fractures of the Os calcis. Br J Surg 39:395-419

Fernandez DL, Koella C (1993) Combined Percutaneous and Minimal Internal Fixation for Displaced Articular Fractures of the Calcaneus. Clin Orthopaedics 290 pp.108-116

Fick R (1911) Spezielle Gelenk- und Muskelmechanik. In: Bardeleben K (Hrsg) Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke, 2.Bd., 3.Teil.Fischer, Jena

Forgon M, Zadrawecz GY (1983) Zu den Repositions- und Retentionsproblemen der Calcaneusfraktur. Aktuel Traumatol 13:239

Forgon M, Zadrawecz GY (1990) Die Kalkaneusfraktur. Hefte Unfallheilkd 208: 1-103

Frick H, Leonhardt H, Starck B (1987) Allgemeine und spezielle Anatomie, Teil1, 3. Auflage: 397-422, Thieme, Stuttgart, New York

Fröhlich P, Zakupsky Z, Csomor L (1999) Erfahrungen mit der gedeckten Verschraubung intraartikulärer Fersenbeinbrüche. Unfallchirurg 102:359-364

Funk EM (1995) Dislozierte intraartikuläre Kalkaneusfrakturen. Unfallchirurg 98:501-506

Garvey WC et al. (2006) Calcaneal fractures : Indirect Reduction and External Fixation. Foot and Ankle int. Vol 27

Gavlik JM, Rammelt S, Zwipp H (2002) Percutaneous, arthroscopically-assisted osteosynthesis of calcaneus fractures. Arch Orthop Trauma Surg 122(8): 424-8

Gehling H, Gotzen L, Schikore R (1988) Offene Reposition und interne Stabilisierung von Calcaneusimpressionsfrakturen-Technik und Ergebnisse. Hefte Unfallheilkd 200:454

Giordano CP, Koval KJ, Zuckermann JD, Desai P (1994) Fracture blisters. Clin Orthop. 307: 214-221

Goff CW (1938) Fresh fractures of the Os calcis. Arch Surg 36: 744-765

Gregory P, DiPasquale T, Herscovici D, Sanders R (1996) Ipsilateral fractures of the talus and calcaneus. Foot Ankle Int 17:701-705

Greiner W, Jonas HP, Naglik H, Schreinlechner P, Hartenstein H (1979) Ergebnisse der konservativen Behandlung nicht reponierter Fersenbeinbrüche. Hefte Unfallheilkd 121:333

Gustillo RB, Anderson JT (1976) Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones. Retrospective and prospective analysis. J Bone Joint Surg. Am 58A: 453-458

Habekost JH (1979) Ergebnisse nach funktioneller Behandlung der Fersenbeinfraktur in Abhängigkeit vom Frakturtyp. Aktuel. Traumatol 97:104

Hall L, Shereff M (1993) Anatomy of the calcaneus. Clin Orthop 290:27

Hermann O (1937) Conservative therapy for fractures of the Os calcis J Bone Joint Surg 19:709-718

Hildebrand KA et al (1996) Functional Outcome Measures After Displaced Intraarticular Calcaneal Fractures. J Bone and Joint Surg 78B 119-123

Hörster G (1983) Die funktionelle Behandlung der Fersenbeinfraktur. Orthopäde 12:149

- Hörster G (1988)** Indikation zur konservative –operativen Behandlung der Fersenbeinfraktur. Unfallchirurg 91:502
- Huggler AH , Gianella FV (1979)** Indikation und Wertung der operativen Behandlung von Calcaneusfrakturen. Z Orthop 117:191
- Inman VT (1976)** The joints of the ankle. Williams and Wilkins, Baltimore
- Janzen DL, Connell DG, Munk PL, Buckley RE, Meek RN, Schechter MT (1992)** Intraarticular fractures of the calcaneus : value of CT findings in determining prognosis. AJR Am J Roentgenol 158: 1271-1274
- Jimeno-Vidal F (1935)** Classification des fractures du calcaneum et resultats du traitement orthopedique. Congres Francais de chirurgie, S 633
- Johnson E, Gebhardt JS (1993)** Surgical Management of Calcaneal Fractures using Bilateral Incisions and Minimal Internal Fixation. Clin Orthopaedics 290 117-124
- Kankare J (1998)** Operative Treatment of Displaced Intraarticular Fractures of the Calcaneus Using Absorbable Internal Fixation: A Prospective Study of Twenty-Five Fractures. J.of Orthopaedic Trauma Vol 12 No 6 pp. 413-419
- Kennedy JG. et al. (2003)** An outcome assessment of intra-articular calcaneal fractures, using patient and physician`s profiles .Injury 34: 932-936
- Kempf I, Touzard RC (1978)** Les fractures du calcaneum. J Chir 115:377-386
- Kerr PS, Prothero DL, Atkins RM (1996)** Assessing outcome following calcaneal fracture. A rational scoring system Injury 27:35-38
- Kitaoka H, Schaap E, Chao EY et al (1994)** Displaced intraarticular fractures of the calcaneus treated nonoperatively. J Bone Joint Surg 76A:1531-1540
- Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS et al. (1994)** Clinical rating system for the ankle, hindfoot, midfoot, hallux and lesser toes. Foot Ankle Int 15:349-353
- Köhnlein HE, Weller S (1961)** Die verschiedenen Formen der Fersenbeinfrakturen und ihre Behandlung. Arch Orthop Unfall-Chir 52:614
- Koudsi F, Kirschner P (1977)** Spätergebnisse nach funktioneller Behandlung von Fersenbeinbrüchen. Aktuel. Traumatol 7: 337
- Kundel K., Funk E., Brutscher M., Bickel R. (1996)** Calcaneal fractures : operative versus nonoperative treatment. J Trauma 41: 839-845
- Lanz von T, Wachsmuth W (1972)** Praktische Anatomie, Bd.1Teil 4, Bein und Statistik VI: Pes, der Fuß. Springer, Berlin, Heidelberg, New York

- Lanz T, Wachsmuth W (1972)** Bein und Statik. In: Lang J, Wachsmuth W (Hrsg) Praktische Anatomie. Springer, Berlin, Heidelberg, New York
- Laughlin RT, Carson JG, Calhoun JH (1996)** Displaced intra-articular calcaneus Fractures treated with the Galveston plate. *Foot Ankle Int* 17:71-78
- Laurin CA, Mathieu J (1975)** Sagittal mobility of the normal ankle. *Clin Orthop* 108:99- 104
- Lenormant C Wilmoth P, Lecoeur P (1928)** A propos du traitement sanglant du fractures de calcaneum *Bull Mem Soc Nat Chir* 54:1353-1355
- Leriche R (1929)** Traitement chirurgical des fractures du calcaneum. *Bull Mem Soc Nat Chir* 55:8-9
- Letournel E (1993)** Open treatment of acute calcaneal fractures. *Clin Orthop* 290:60-67
- Leung KS, Chan WS, Shen Wyet al. (1989)** Operative treatment of intraarticular fractures of the os calcis: The role of rigid internal fixation and primary bone grafting: Preliminary results *J Orthop Trauma* 3 :232-240
- Leung KS, Yuen KM, Chan WS, (1993)** Operative treatment of displaced intra-articular fractures of the calcaneum. Medium-term results. *J Bone Surg [Br]* 75:196-201
- Levin LS, Nunley J (1993)** The management of Soft-Tissue Problems Associated with calcaneal fractures. *Clin Orthop* 290: 151-56
- Lindner L, Kirschner P, Schweiberer L, Schweikert CH (1979)** Die frühfunktionelle Behandlung der Fersenbeinbrüche. *Hefte Unfallheilkd* 34: 1979
- Loucks C, Buckley R (1999)** Böhlers Angle: Correlation with Outcome in Displaced Intraarticular Calcaneal Fractures. *J Orthopaedic Trauma* Vol 13, No 8 pp.554-558
- Lynn A, Crosby MD, et al.(1993)** Intraarticular Calcaneal Fractures Results of closed treatment. *Clin Orthop* 290, pp 47-54
- Malgaigne JF (1843)** Memoir sur la fracture par ecrasement du calcaneum. *J Chir* 1:2
- Matsen F, Clawson DK (1975)** The deep posterior compartment syndrome of the leg. *J Bone Joint Surg* 57 A:34-39
- Mc Garvey W. c. et al. (2006)** Calcaneal Fractures : Indirect Reduction and External Fixation. *Foot and Ankle* Vol 27 No 7

- Mc Laughlin HL (1963)** Treatment of late complications after os calcis fractures. Clin Orthop. 30:111
- Mc Reynolds JS(1982)** The surgical treatment of the Os calcis. J Bone Joint Surg 6:415
- Melcher G et al (1991)** Results of Operative Treatment for Intra-articular Fractures of the Calcaneus. The Journal of Trauma Vol 31, no 2 pp.234-137
- Melcher G et al (1995)** Ten –Year Follow-up after operative Treatment for Intraarticular Fractures of the Calcaneus. J Trauma Vol.38 No 5 713-716
- Merkel F (1913)** Atlas zur Skeettlehre. Passiver Bewegungsapparat: Knochen und Bänder. Bergmann, Wiesbaden, S. 124
- Mittlmeier T, Machler G, Lob G et al. (1991)** Compartment syndrome of the foot after intraarticular calcaneal fracture. Clin Orthop 269:241-248
- Monsey RD, Levine BP, Trevino SG et al. (1995)** Operative treatment of acute displaced intra-articular calcaneus fractures. Foot Ankle Int 16:57-63
- Müller ME, Nazarian S., KochP, Schatzker J.(1990)** The Comprehensive Classification of Fractures of the Long Bones, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York
- Murray G (1940)** Compression fractures of the Os calcis. Canad M A J 42:422-424
- Mutschler W (1988)** Der Fersenbeinbruch- detaillierte Diagnostik. Klassifikation und Konsequenzen für die Therapie. Unfallchirurg 91:486-492
- Mutschler W, Haas NP (1999)** Praxis der Unfallchirurgie. S.544-549 Thieme, Stuttgart, New York
- Mutschler W, Bauer G ,Burri C, Heuchemer Th, Lob G, Mittelmaier TH (1988)** Ergebnisse operativer Therapie bei intraartikulären Calcaneusfrakturen. Hefte Unfallheilkd 200:450
- Myerson M, Manoli A (1993)** Compartment syndromes of the foot after calcaneal fractures. Clin Orthop 290:142-150
- Omoto H (1983)** A new method of Manual Reduction for Intraarticular Fracture of the calcaneus. Clin Orthop 177: 104-11
- Ostapowicz G, Sateri F, Wessel G (1978)** Ergebnisse der Calcaneusfrakturen. Arch Orthop Trauma Surg 91:11
- Paley D et al. (1993)** Intra-Articular Fractures of the Calcaneus. J Bone and Joint Surg 75A 342-354

- Palmer I (1984)** The mechanism and treatment of fractures of the calcaneus. Open reduction with the use of cancellous graft. *J Bone Joint Surg (Am)* 30:2-8
- Paul M, Peter R, Hoffmeyer P (2004)** Fractures of the calcaneum. *J Bone Joint Surg* 86-B: 1142-5
- Pernkopf E (1943)** Topographische Anatomie des Menschen, Band II, 2.Hälfte. Urban und Schwarzenberg, Berlin, S 240
- Platzer W (1977)** Die Sprunggelenke. *Österr. Journal Sportmedizin* 3:17-21
- Pott P (1768)** Some few general remarks on fractures and dislocations. London p.59
- Poigenfürst J, Buch J (1988)** Behandlung der schweren Brüche des Fersenbeins durch Reposition und perkutane Bohrdrahtfixation. *Unfallchirurg* 91:493-501
- Poigenfürst J., Schreinlechner UP, Horaczek A (1979)** Die Drehverriegelungsarthrodese des hinteren unteren Sprunggelenkes. *Hefte Unfallheilkd* 134:230
- Pozo JL, Kirwan OG, Jackson AM (1984)** Long-term results of conservative management of severely displaced fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg* 66B:386-390
- Rabenseifner L, Belz R (1981)** Fersenbeinfrakturen und ihre Behandlungsergebnisse. *Unfallheilkunde* 84:109
- Rammelt S, Barthel S, Biewener A, Gavlik JM, Zwipp H (2003)** Calcaneusfrakturen. Offene Reposition und interne Stabilisierung. *Zbl Chir* 128:517-528
- Randt T, Zwipp H (1997)** Polytrauma: Indikation und Technik der Osteosynthese am Fuß. *OP-Journal* 13: 192-198
- Rauber, Kopsch (1988)** Topographie der Organsysteme, Systematik der peripheren Leitungsbahnen. In: Leonhardt H, Tillmann B, Töndury G, Zilles K (Hrsg) *Anatomie des Menschen*. Thieme, Stuttgart New York
- Raymakers JTFJ et al. (1998)** Results after operative treatment of intraarticular calcaneal fractures with a minimum follow-up of 2 years. *Injury* Vol.29, No 8, pp. 593-599
- Raymakers JTFJ et al. (1998)** Results after operative treatment of intraarticular calcaneal fractures with a minimum follow-up of 2 years. *Injury* Vol.29, No 8, pp. 593-59

Regazzoni P, Mosiman P, Calthorpe D, (1993) Classification and Results of ORIF of Calcaneal Fractures in: Tschern H, Schatzker J (eds) Major Fractures of the Pilon, the Talus and the Calcaneus. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1993

Regazzoni P (1988) Technik der stabilen Osteosynthese bei Calcaneusfrakturen. Hefte Unfallheilkd 200:432

Reha 2000 (2002) Rehabilitation und Rehab. Statistik in der gesetzlichen Unfallversicherung Hauptverband der gewerblichen BGS. Sankt Augustin

Reichen A, Pelet D (1975) Spätzustände nach Calcaneusfrakturen. Helv Chir Acta 42: 431

Richman JD, Barre PS (1986) The planta ecchymosis sign in fractures of the calcaneus. Clin Orthop 171:150

Ross SD, Sowerby MR (1985) The operative treatment of fractures of the Os calcis. Clin Orthop 199:132-143

Rouviere H (1924) Anatomie humaine. Tome 2:304

Rowe CR, Sakellarides HT, Freeman PA, Sorbie C. (1963) Fractures of the Os calcis. A long-term follow-up study of 146 patients. JAMA 184: 920-923

Russe OJ, Russe F (1988) Klinische und radiologische Nachuntersuchung von 149 Fersenbeinbrüchen nach perkutaner Aufrichtung und Fixation. Hefte Unfallheilkd 200: 445

Rüedi T (1987) Calcaneusfraktur : Pro-Anwalt operative Therapie. Kongreßband 5 Deutsch-Österr.-Schweizer Unfalltagung 18.-21.11.1987, Berlin

Salama R, Benamara A, Weissmann L (1976) Functional treatment of intraarticular fractures of the calcaneus. Clin Orthop 115:236

Sanders R et al. (1993) Operative Treatment in 120 Displaced Intraarticular Calcaneal Fractures. Clin Orthopaedics 290 pp.87-95

Sanders R, Gregory P (1995) Operative treatment of intra-articular fractures of the calcaneus. Orthop. Clin of North Am 26: 203-214

Sanders R, Fortin P, DiPasquale T, Walling A, Helfet D, Ross E (1991) The results of operative treatment of displaced intraarticular calcaneal fractures using a CT scan classification. J Bone Joint Surg [Am]

Sanders R et al. (2000) Current concepts review: Displaced intraarticular fractures of the calcaneus. J Bone Joint Surg 82 A:225-250

Sanders (1992) Intra-articular fractures of the calcaneus: experiences with a new calcaneal plate design: Communication by Synthes, USA

- Schellmann WD, Börner M (1978)** Konservative und operative Fersenbeinbruchbehandlung. Therapiewoche 28: 1569
- Schellmann WD (1988)** Technik der Bohrdrahtosteosynthese. Hefte Unfallheilkunde 200
- Schmidt HM (1978)** Gestalt und Befestigung der Bandsysteme im sinus und canalis tarsi des Menschen. Acta Anat 102:184-194
- Schmidt HM, Grünwald E (1981)** Untersuchungen an den Bandsystemen der talocruralen und intertarsalen Gelenke des Menschen. Gegenbaurs Morph Jahrb 127 : 792-831
- Schuh A, Hausel M (2000)** Die Schwierigkeiten in der Beurteilung von Nachuntersuchungsergebnissen bei plattenosteosynthetisch versorgter Kalkaneusfraktur. Unfallchirurg 103: 295-300
- Schweiberer L, Scivastava L (1975)** Fersenbeinbruch: Konservative Behandlung. Hefte Unfallheilkd 121:333
- Siebert CH, Hansen M, Wolter D (1998)** Follow-up evaluation of open intra-articular fractures of the calcaneus. Arch Orthop Trauma Surg 117: 442-447
- Slatis P, Kiviluoto O, Santavirta S et al.(1979)** Fractures of the calcaneum. J Trauma 19:939-943
- Soer R, Remy R (1975)** Fractures of the calcaneus with displacement of the thalamic portion. J Bone Joint surg Br 57 : 413-421
- Sosna T, Sosna A (1977)** Variability and functional significance of the external ligament of the ankle for stability of the talocrural joint. Folia Morphol (Praha) 25:371-374
- Soubeyran P, Rives A (1903)** Fractures du calcaneum. Rev de Chir. 47:429-473
- Stehlik J., Stulik J. (2002)** Combined method of treating dislocated fractures of the calcaneus. Acta Chir Orthop Traumatol Czech 69:209-18
- Stephenson JR (1987)** Treatment of displaced intraarticular fractures of the calcaneus using medial and lateral approaches, internal fixation and early motion. J Bone Joint Surg Am 69:115-130
- Stephenson JR (1993)** Surgical treatment of displaced intraarticular fractures of the calcaneus. Clin Orthop 290: 68-75
- Stephenson JR (1993)** Surgical treatment of displaced intraarticular fractures of the calcaneus. Clin Orthop 290:68-75
- Stephens HM, Sanders R (1996)** Calcaneal malunions : results of a prognostic computed tomography classification system. Foot Ankle Int 17:395-401

- Strasser H (1917)** Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik, III. Bd. Springer, Berlin, S 218
- Stromsoe K, Espen Mork, Einar Sturla Hem (1998)** Open reduction and internal fixation in 46 displaced intraarticular calcaneal fractures. Injury Vol 29 No 4 pp.313-316
- Tanke GM (1982)** Fractures of the calcaneus. Acta Chir Scand [Suppl] 505
- Tennent TD et al. (2001)** The operative management of displaced intra-articular fractures of the calcaneum : a two-centre study using a defined protocol. Injury 32 491- 496
- Therman H. et al (1998)** Management of Calcaneal Fractures in Adults: Clin Orthopaedics 353 pp.107-124
- Thermann H, Hufner T, Schratt HE, Albrecht K, Tscherne H (1999)** Therapie intraartikulärer Fersenbeinfrakturen bei Erwachsenen. Unfallchirurg 102 (3): 152-66
- Thordarson DB, Krieger LE (1996)** Operative vs. nonoperative treatment of intra-articular fractures of the calcaneus : a prospective randomized trial: Foot Ankle Int 17:2-9
- Tornetta P III (2000)** Percutaneous Treatment of Calcaneal Fractures. Clin Orthopaedics No 357 pp. 91-96
- Tornetta P. III (1998)** The Essex- Lopresti Reduction for Calcaneal Fractures. Revisited Journal of Orthopaedic Trauma Vol 12 No 7 pp. 469-473
- Tscherne H, Oestern HJ (1982)** Die Klassifizierung des Weichteilschadens bei offenen und geschlossenen Frakturen. Unfallheilkunde. 85: 111-115
- Tscherne H, Regel G (1997)** Tscherne Unfallchirurgie Trauma- Management Berlin Springer Verlag
- Tscherne H, Zwipp H (1992)** Calcaneal Fractures In: Schatzker J, Tscherne H (eds) Major fractures of the pilon, talus and calcaneus. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, pp 154-174
- Tufescu TV, Buckley R (2001)** Age, gender, work capability, and workers compensation in patients with displaced intraarticular calcaneal fractures. J Orthop Trauma 15: 275-279

Waldeyer A (1962) Anatomie des Menschen , I. Teil, 5. Aufl. De Gruyter, Berlin, S. 364

Watson-Jones R (1955) Fractures and Joint Injuries, vol 2. Ed 5 Churchill Livingstone, Edinburgh 4 th ed. William and Wilkins, Baltimore

Welz K (1984) Zum Stand der Behandlung von Calcaneusfrakturen des Erwachsenen. Zentralbl Chir 109:1

Wendt H (1953) Extreme Muskelspannung in der Behandlung von Fersenbeinbrüchen. Zentralbl Chir 78:153

Westhues H (1935) Eine neue Behandlungsmethode der Calcaneusfrakturen: Zugleich ein Vorschlag zur Behandlung der Talusfrakturen . Z Chir 62:995-1002

Whiteside GS (1918) A case of fractures of the Os calcis US Nav M Bull 12:276

Wirth CJ, Küsswetter W, Jäger M (1978) Biomechanik und Pathomechanik des oberen Sprunggelenkes. In: Hefte Unfallheilkd 131:10

Zwipp H (1994) Chirurgie des Fusses Springer Berlin, Heidelberg, New York

Zwipp H (1986) Die anterolaterale Rotationsinstabilität des oberen Sprunggelenkes. Hefte Unfallheilkd 177:1- 176

Zwipp H, Tscherne H, Wülker N, Grote R (1989) Der intraartikuläre Fersenbeinbruch : Klassifikation, Bewegung und Operationstechnik. Unfallchirurg 92: 117-129

Zwipp H, Tscherne H, Thermann H, Weber T (1993) Osteosynthesis of displaced intraarticular fractures of the calcaneus: results in 123 cases. Clin Orthop 290: 76-86

Zwipp H, Tscherne H, Wülker N (1988) Osteosynthese dislozierter intraartikulärer Calcaneusfrakturen. Unfallchirurg 91 :507

Zwipp H, Tscherne H, Wülker N, Grote R (1989) Der intraartikuläre Fersenbeinbruch : Klassifikation, Bewertung und Operationstechnik. Unfallchirurg 92: 117

Zwipp H., Rammelt S., Barthel S. (2005) Kalkaneusfraktur. Unfallchirurg 108:737- 748

Zwipp H, Tscherne H, Thermann H, Weber T (1993) Osteosynthesis of displaced intraarticular fractures of the calcaneus: results in 123 cases. Clin Orthop 290: 76-86

Zwipp H, Gavlik JM, Rammelt S (1999) Operative Therapie der Calcaneusfrakturen In: Moorahrend U: Funktionelle Behandlung ausgesuchter Verletzungen der unteren Extremität: 27-37. Smpomed, München

Zadravec Gy et al. (1984) Spätergebnisse unserer Behandlungsmethode der Fersenbeinfrakturen. Akt. Traumatol. 14 218-226

10. Lebenslauf

| | | |
|-------------------------------|-------------------------------|--|
| Name | Stefanie Susanne Wisspeintner | |
| Geburtsdatum | 19.10.1978 in Rosenheim | |
| Familienstand | ledig | |
| Schulbesuch | 1985-1989 | Grundschule Grosskarolinenfeld |
| | 1989-1998 | Karolinen-Gymnasium, Rosenheim Abitur |
| Akademische Ausbildung | 11/1998 | Studium der Gesundheitsökonomie Universität Bayreuth |
| | 04/2000 | Studium der Humanmedizin Universität Hamburg |
| | 03/2002 | Ärztliche Vorprüfung |
| | 03/2003 | Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung LMU München |
| | 03/2005 | Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung LMU München |
| | 04/2006 | Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung LMU München |
| Praktisches Jahr | 04-05/2005 | Plastische Chirurgie, Mount Sinai Hospital, New York |
| | 06-07/2005 | Chirurgie, Klinikum Dritter Orden, München |
| | 08-09/2005 | Orthopädie, Singapore General Hospital, Singapore |
| | 10-12/2005 | Orthopädie, Royal Brisbane and Women Hospital, Brisbane |
| | 01-03/2006 | Innere Medizin, Krankenhaus Schwabing, München |
| Assistenzärztin | 01/2007- 04/ 2007 | Abteilung für Allgemein- und Unfallchirurgie, Rhön Klinikum, München |
| | 05/2007- | Abteilung für Kinderchirurgie Klinikum Augsburg |

11. Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Gerd Regel für die Überlassung des Themas und die sehr gute Betreuung.

Weiterhin danke ich ihm für die Diskussionen und inhaltlichen Anmerkungen und Anregungen.

Ich möchte mich bei ihm als meinen besten Lehrer und Mentor für meine Weiterbildung zur Chirurgin bedanken.

Außerdem danke ich meinem Vater, der mir das Studium der Humanmedizin ermöglichte und mir immer mit Rat und Tat zur Seite steht.

Des weiteren gebührt meiner Familie und meinen Freunden, Dr. med. Carmen Gallitzendorfer, Victoria Schwarz und Dipl. Ing. Hans Gandlgruber Dank für Ihre ganz persönliche Unterstützung.