

Aus der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie –
Abteilung Unfallchirurgie, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie
(Prof. Dr. med. K. M. Stürmer)
im Zentrum Chirurgie
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Die Behandlung der Metatarsale-V-Basisfraktur -
Eine retrospektive sowie prospektive Analyse

INAUGURAL-DISSERTATION
Zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät der
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von
Anna-Lena Voelcker
aus
Bad Harzburg

Göttingen 2014

Dekan:	Prof. Dr. rer. nat. H.K. Kroemer
I. Berichterstatter:	PD Dr. med. S. Sehmisch
II. Berichterstatter:	Prof. Dr. med. H.M. Klinger
III. Berichterstatter:	Prof. Dr. med. M. Oppermann
Tag der mündlichen Prüfung:	02.06.2015

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
1. Einleitung	6
1.1 Literaturübersicht	7
1.1.1 Anatomie	7
1.1.2 Historischer Hintergrund	8
1.1.3 Ätiologie	9
1.1.4 Klassifikation	10
1.1.5 Diagnostik	12
1.1.6 Therapie	14
1.1.7 Komplikationen	18
2. Material und Methoden	19
2.1 Retrospektive Datenerhebung	19
2.2 Prospektive Studie	21
2.2.1 Datenerhebung	21
2.2.2 Studienablauf	21
2.3 Verbandsmaterialien	24
2.3.1 Sprunggelenksverband	24
2.3.2 Ankle-Splint	25
2.3.3 „Geishaverband“ (gespalten)	26
2.4 Statistische Auswertung	26
3. Ergebnisse	27
3.1 Retrospektive Studie	27
3.1.1 Demographische Daten	27
3.1.2 Erstaufnahme	27
3.1.3 Klinischer Befund bei Erstbehandlung	28
3.1.4 Radiologische Untersuchung	29

3.1.5 Therapie.....	30
3.1.6 Weitere therapeutische Maßnahmen	32
3.2 Prospektive Studie.....	33
3.2.1 Demographische Daten	33
3.2.2 Erstaufnahme.....	34
3.2.3 Klinischer Befund bei Erstbehandlung.....	35
3.2.4 Radiologische Untersuchung.....	36
3.2.5 Therapie.....	37
3.2.6 Weitere therapeutische Maßnahmen	39
4. Radiologische Verläufe	41
4.1 Radiologischer Verlauf im Ankle-Splint.....	41
4.2 Radiologischer Verlauf im Sprunggelenksverband.....	42
5. Diskussion	44
5.1 Retrospektive und prospektive Studie im Vergleich.....	44
5.2 Prospektive Studie.....	49
6. Zusammenfassung.....	51
7. Literaturverzeichnis.....	53
8. Abbildungsverzeichnis	58

Abkürzungsverzeichnis

°	Grad
%	Prozent
Abb.	Abbildung
ANOVA	analysis of variance
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
CRPS	complex regional pain syndrom
et al.	et alii
ggf.	gegebenenfalls
M.	musculus
MFK	Mittelfußknochen
Mm.	musculi
mm	Milimeter
NSAR	nichtsteroidales Antirheumatikum
SG	Sprunggelenk
s.	siehe
S.	Seite
s.c.	subkutan
s.u.	siehe unten
u.a.	unter anderem
USA	United States of America
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

Die Metatarsale-V-Basisfraktur ist die häufigste knöcherner Verletzung am Fuß. Meist kommt es durch ein indirektes Distorsionstrauma durch Zug der Peroneus-brevis-Sehne oder der Plantaraponeurose zur Fraktur der Basis des fünften Mittelfußknochens. Einigkeit besteht in der Literatur über die zwingende Indikation zur Operation in bestimmten Fällen wie Dislokation, Gelenkbeteiligung oder bei offenen Frakturen. Nur dann sind die Operationsrisiken und die höheren Kosten gerechtfertigt. Wenn keine OP-Indikation vorliegt, wird die Metatarsale-V-Basisfraktur konservativ behandelt. In der heutigen Literatur werden verschiedene konservative Therapiekonzepte wie funktionelle Verbände und Osteosyntheseverfahren beschrieben.

Die vorliegende Arbeit zeigt retrospektiv die Therapie und den Heilungsverlauf der Metatarsale-V-Basisfraktur von 1996 bis 2005 in der Klinik für Unfallchirurgie, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Göttingen. Zur Evaluation der Behandlung und des Heilungsprozesses in der eigenen Klinik wurden u.a. die knöcherner Konsolidierung und der Zeitpunkt der Vollbelastung dokumentiert.

Außerdem konnten in der Folge anhand einer prospektiven randomisierten Studie drei konservative Therapiekonzepte verglichen werden. Die erste Patientengruppe wurde mit einem gespaltenen Sprunggelenksverband und frühfunktioneller Physiotherapie versorgt. Die zweite Gruppe erhielt einen geschlossenen Sprunggelenksverband und Physiotherapie erst nach sechs Wochen. Die dritte Gruppe wurde mit einem Ankle-Splint und wie Gruppe 1 mit sofortiger Physiotherapie therapiert. Der Ankle-Splint verfolgt einen neuen Ansatz der Ruhigstellung. Es wird nicht der frakturierte Bereich ruhiggestellt, sondern die ursächliche Bewegung des Unfallmechanismus (meist Inversion) verhindert. Anhand der knöchernen Heilung können die Therapieverfahren verglichen werden. Außerdem wird überprüft, ob die knöcherner Konsolidierung durch die frühfunktionelle Physiotherapie beeinflusst wird.

Anhand der Studiendaten und auf Grundlage der Daten der Literatur soll ein konservatives Therapiekonzept für die Metatarsale-V-Basisfraktur aufgezeigt werden. Diese konservative Therapie sollte eine schnelle knöchernen Konsolidierung ermöglichen, damit es zu einer frühen Mobilisation mit Vollbelastung kommt.

1.1 Literaturübersicht

1.1.1 Anatomie

Der fünfte Mittelfußknochen besteht aus der Basis, der Tuberositas, dem Schaft, dem Hals und dem Kopf [Strayer et al. 1999, Nunley 2001] (s. Abbildung 1). Die Basis bildet Gelenke mit dem vierten Mittelfußknochen und dem Os cuboideum [Tittel und Schmidt 1984]. Lateral ist die Basis gekennzeichnet durch die Tuberositas, an welcher die Plantaraponeurose, der M. abductor digiti minimi und der M. peroneus brevis ansetzen [Tittel und Schmidt 1984]. Die Sehne des Musculus peroneus tertius inseriert an der Basis sowie an der seitlichen Fläche des Os metatarsale V [Schiebler et al. 1997]. Straffe Bandverbindungen zum Os cuboideum und zum vierten Mittelfußknochen verhindern Luxationsverletzungen und erklären das Auftreten von Frakturen der Metatarsale-V-Basis [Jones 1902, Tittel und Schmidt 1984]. Zu bedenken sind individuelle anatomische Variationen [Quill 1995].

Die intraossäre Blutversorgung der Tuberositas des fünften Mittelfußknochens ist durch mehrere metaphyseale Gefäße, die sich an der Tuberositas zu einem Geflecht verzweigen, sichergestellt [Shereff et al. 1991, Smith et al. 1992]. Die arterielle Blutversorgung der proximalen Diaphyse wird nur durch eine Arterie gewährleistet und fällt daher gering aus [Shereff et al. 1991, Landorf 1999]. Diese Arterie kann bei einer Fraktur verletzt werden und damit eine verzögerte Frakturheilung erklären [Landorf 1999].

Die lateralen Tarsometatarsalgelenke, also die gelenkige Verbindung des fünften Mittelfußknochens zum Os cuboideum bzw. zum vierten Mittelfußknochen hat eine wichtige Aufgabe der Ausbalancierung in der Sagittalebene [Bauer et al. 1993]. Im Gegensatz zu den medialen Tarsometatarsalgelenken haben sie einen Bewegungsspielraum von 20° [Bauer et al. 1993].

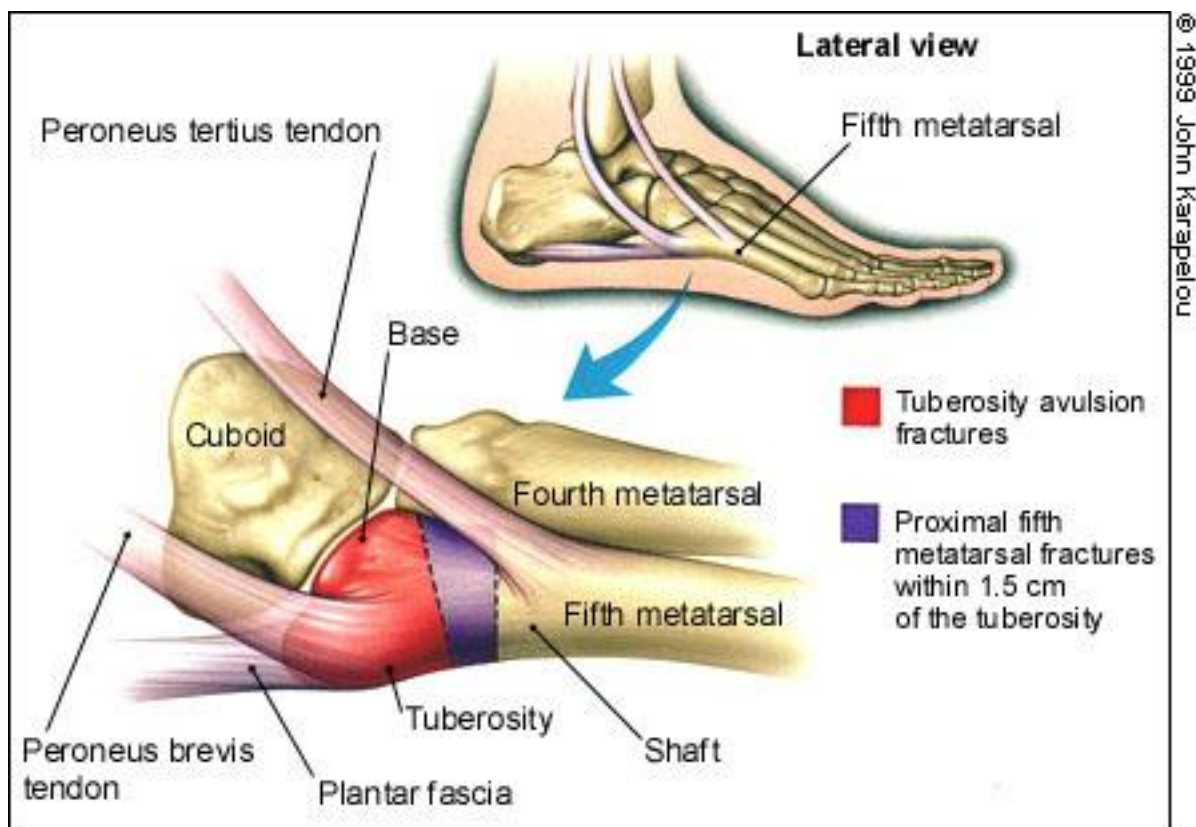


Abbildung 1: Anatomie und regionale Strukturen des fünften Mittelfußknochens

(mit freundlicher Genehmigung von John W. Karapelou, Copyright 1999;

Strayer et al.: Fractures of the Proximal Fifth Metatarsal, AFP 1999)

1.1.2 Historischer Hintergrund

Wiesbach erwähnte 1877 eine druckschmerzhafte Schwellung am äußeren Fußrand. Erstmals 1897 wurde diese Verletzung von Schulte als Fraktur beschrieben [Tittel und

Schmidt 1984]. Und erst 1898 wurde dies durch Kirchner röntgenologisch bewiesen [Tittel und Schmidt 1984].

Sir Robert Jones beschrieb 1902 die Jonesfraktur, die von der Metatarsale-V-Basisfraktur abzugrenzen ist [Zogby und Baker 1987, Dameron Jr. 1995, Wiener et al. 1997]. Die Bezeichnung Jonesfraktur bezieht sich nur auf die proximale Diaphyse innerhalb 1,5 cm distal der Tuberositas [Torg et al. 1984, Lehmann et al. 1987, Wiener et al. 1997]. Als Orientierungshilfe gilt nach Hatch et al. (2007) das Gelenk zwischen dem vierten und fünften Mittelfußknochen (s. Abbildung 1). Distal dieses Punktes liegen die Jonesfrakturen und proximal die Metatarsale-V-Basisfrakturen [Hatch et al. 2007]. Es gibt eine akute Jonesfraktur und eine Stressfraktur durch wiederholte Mikrotraumata, die sich eventuell durch variable Prodromi angekündigt [Strayer et al. 1999].

Ob die in anatomischer Nähe liegende proximale Diaphysenfraktur von der Jonesfraktur abgegrenzt werden sollte, ist umstritten. Basierend auf der Tatsache, dass die Therapie und der klinische postoperative Verlauf der proximalen Diaphysenfraktur und der Jonesfraktur einander entsprechen, verlangen Chuckpaiwong et al. (2008) die Unterscheidung dieser beiden Frakturtypen aufzugeben.

1.1.3 Ätiologie

Die Metatarsale-V-Basisfraktur ist die häufigste knöcherne Verletzung am Fuß [Holzach et al. 1983, Rosenberg und Sferra 2000, Zenios et al. 2005] und bei Kindern die häufigste Metatarsal-Fraktur [Herrera-Soto et al. 2007]. Metatarsal-Frakturen haben eine Inzidenz von 67 pro 100.000 Einwohner pro Jahr; 70 % betreffen den fünften Mittelfußknochen und 80 % davon dessen proximalen Abschnitt [Polzer et al. 2012].

Die Metatarsale-V-Basisfraktur entsteht meist durch ein indirektes, selten durch ein direktes Trauma [Dameron 1975, Bauer et al. 1993, Gösele et al. 1997]. Sie wird eher durch leichte Kräfte verursacht, z.B. Distorsion des Fußes [Gray et al. 2008]. In einer

Nachkontrolle von Holzach et al. (1983) mit 150 Patienten war der Unfallmechanismus in 78 % ein Distorsionstrauma (indirektes Trauma), in 12 % ein direkter Schlag und in 11 % unbekannt. Für den Frakturmechanismus gibt es mehrere Theorien. Gösele et al. (1997), Anderson (1977) und Pendarvis et al. (1999) erklären, dass bei Inversion/Supination der Zug der Peroneus-brevis-Sehne an der Tuberositas so stark wird, dass es zur Fraktur kommt. Andere Autoren vertreten die Meinung, dass die Fraktur durch Zug des lateralen Teils der Plantaraponeurose während Inversion/Plantarflexion entsteht [Richli und Rosenthal 1984]. Richli und Rosenthal haben dies 1984 anhand von präparierten Leichenextremitäten für die queren (häufigeren) Frakturen in Computertomographie-Studien gezeigt. Es blieb unklar, wie stark die Muskelspannung des M. peroneus brevis am lebenden Menschen ist [Richli und Rosenthal 1984]. Theodorou et al. (2003) führten ebenfalls Versuche an Leichenextremitäten durch und kamen zu dem Ergebnis, dass die Fraktur durch Zug der Plantaraponeurose und des M. peroneus brevis entsteht. Die beiden Sehnen sind durch sich überlappende Faserzüge miteinander verbunden [Theodorou et al. 2003]. Nach Tittel und Schmidt (1984) besteht der Unfallmechanismus in plötzlicher extremer Supination und Plantarflexion (Inversion) bei gleichzeitiger Adduktion des Fußes. Es wirken die Plantaraponeurose und die Mm. abductor minimi und peroneus brevis als Distraktoren; während das Os cuboideum dabei als Hypomochlion fungiert [Tittel und Schmidt 1984].

1.1.4 Klassifikation

Nach Holzach et al. (1983) ist die Metatarsale-V-Basisfraktur in drei Typen zu unterteilen (s. Abbildung 2).

Beim Typ I liegt die Frakturbene parallel, beim Typ II quer zum Tarsometatarsalgelenk V und verläuft teils extra-, teils intraartikulär [Holzach et al. 1983]. Typ III umfasst eine Kombination mehrerer Frakturfragmente und Frakturbenen [Holzach et al. 1983].

Beim Typ I entsteht durch die dynamische Zügelung (Sehne des M. peroneus brevis, M. abductor digiti minimi und lateraler Zügel der Plantaraponeurose) eine medio-dorsale interfragmentäre Kompression [Holzach et al. 1983]. Das proximale Fragment wird zusätzlich keilartig nach dorso-medial gedrängt und es entstehen meist keine intraartikulären Stufen [Holzach et al. 1983]. Bei Typ II und III verschiebt sich durch Änderung der Frakturebene der distale Drehpunkt nach lateral. Der Widerhalt im 3-Punkte-System fehlt und die laterale Ecke des Cuboids hat eine Sprengwirkung. Es kommt zur Instabilität [Holzach et al. 1983] (s. Abbildung 3).

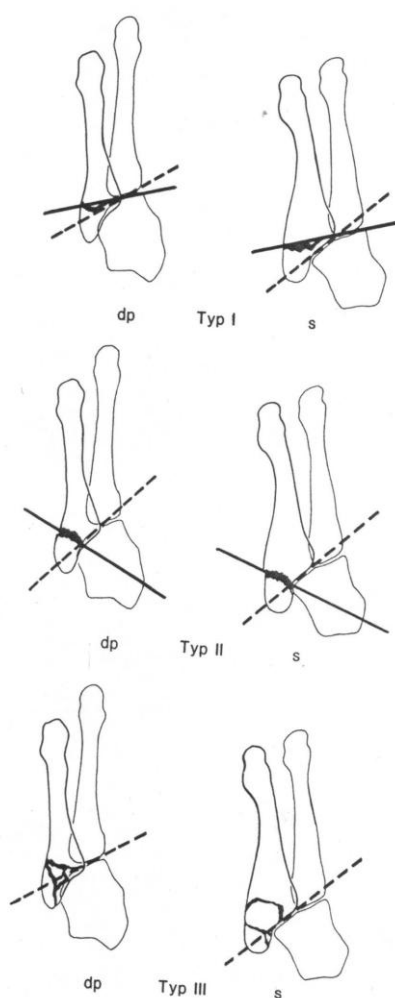


Abbildung 2: Klassifikation nach Holzach

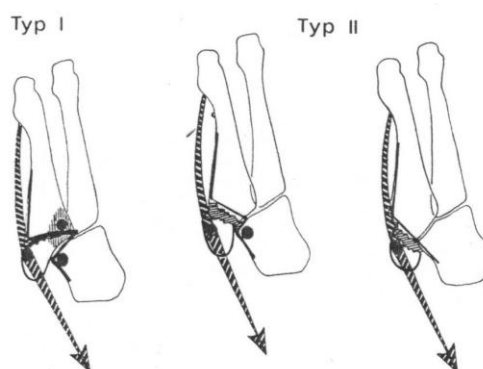


Abbildung 3: Klassifikation nach Holzach

(Abb. 2 und 3 mit freundlicher Genehmigung der Schweizerischen Gesellschaft für Chirurgie;
 Holzach et al.: Die Behandlung der Basisfraktur des Os metatarsale V, Helv.chir.Acta. 1983)

1.1.5 Diagnostik

Nach einem plötzlichen Schmerzereignis zeigt sich die Metatarsale-V-Basisfraktur klinisch oft durch ein Hämatom und Schwellung am lateralen Fußrand [Strayer et al. 1999, Hatch et al. 2007, Zwitser und Breederveld 2010]. Außerdem verursacht die Fraktur oft Schmerzen des lateralen Fußrandes und Einschränkung des Gehvermögens [Fetzer und Wright 2006, Hatch et al. 2007]. Das Punctum maximum des Schmerzes zeigt bei frischen Frakturen meist genau die Verletzungslokalisation an [Boack 2004]. Die klinische Untersuchung legt ihren Schwerpunkt auf die Inspektion, Palpation und Funktionsprüfung des Fußes und des oberen Sprunggelenkes. Begleiterkrankungen werden anamnestisch erhoben. Der Unfallmechanismus, der neurovaskuläre Status und der Weichteilstatus sollten erfasst werden [Strayer et al. 1999]. Laut Schenck und Heckman (1995) sind die Anamnese und die klinische Untersuchung besonders wichtig, da aufgrund der komplexen Anatomie des Vorfußes die radiologische Diagnostik häufig schwierig ist. Die radiologische Diagnostik sollte vor allem bei Kindern restriktiv eingesetzt werden. Deshalb führten Dayan et al. (2004) eine Studie durch, bei welcher aus klinischen Kriterien das Frakturrisiko abgeleitet wurde. Kinder mit z.B. diffusem Druckschmerz des verletzten Fußes, aber ohne Schwellung, können mit einem niedrigen Frakturrisiko eingestuft werden [Dayan et al. 2004]. Spezifischer Druckschmerz zeigt dagegen ein hohes Risiko auf [Dayan et al. 2004]. Eine Schonhaltung bzw. das Gangbild kann bei mangelnder Compliance nicht immer beurteilt werden [Dayan et al. 2004].

Bezüglich der Indikation für eine radiologische Diagnostik schlagen Hatch et al. (2007), Stiell et al. (1993) und Zwitser und Breederveld (2010) vor, sich nach den Ottawa-Regeln zu richten. Demnach erfolgt eine radiologische Diagnostik nur bei Schmerzen des Mittelfußes, Druckschmerz über der Basis des Metatarsale V oder über dem Os naviculare oder bei vermindertem Gehvermögen. Entsprechend der Empfehlung von Dunlop et al. (1986) sollte die radiologische Diagnostik erfolgen, wenn der Patient einen Druckschmerz über dem Malleolus medialis oder lateralis angibt, über 60 Jahre alt ist und/ oder das Gehvermögen eingeschränkt ist. Dann könnten 60 % der

Röntgenbilder des Fußes bzw. oberen Sprunggelenkes und Kosten gespart werden, ohne dass sich daraus Nachteile für den Patienten ergeben [Dunlop et al. 1986]. Der Druckschmerz über der Basis des Metatarsale V ist nach Dunlop et al. (1986) ein guter prognostischer Wert für das Vorliegen einer Fraktur.

Entsprechend den Angaben von Strayer sollten die Röntgenaufnahmen des Fußes anteroposterior, lateral und schräg erfolgen [Strayer et al. 1999, Beck und Mittlmeier 2008, Zwitter und Breederveld 2010]. Holzach et al. (1983) betrachten die ganze Läsionskette und gehen von einer vorbestehenden Lockerung des anterolateralen Bandapparates des oberen Sprunggelenks aus. Dann ist es sinnvoll, das obere Sprunggelenk anteroposterior, den Fuß inklusive oberem Sprunggelenk seitlich und den Fuß dorsoplantar schräg in 20° zu röntgen [Holzach et al. 1983]. Nach Pao et al. (2000) sollte der Fuß in drei Ebenen und das obere Sprunggelenk zusätzlich zu zwei Ebenen auch anteroposterior inklusive der Basis des fünften Mittelfußknochens geröntgt werden. Pao et al. (2000) führten eine retrospektive Studie durch, bei der bei sechs von 26 Patienten (23 %) die Metatarsale-V-Basisfraktur nur in dieser zusätzlichen Aufnahme diagnostiziert werden konnte. Um posttraumatische Fehlstellungen abzuklären, erhöhen Belastungsaufnahmen des Fußes in drei Ebenen die Aussagekraft [Beck und Mittlmeier 2008].

Differentialdiagnostisch müssen die Apophysenentwicklung (Mädchen neun bis elf Jahre, Jungen elf bis 14 Jahre) bzw. laut Stone (1968) die normale Epiphysenfuge sowie Apophysitis (Iselin's Disease) bei Kindern und zusätzliche Ossikel ausgeschlossen werden [Strayer et al. 1999, Ralph et al. 1999, Kose 2009].



Abbildung 4: Röntgenbild Metatarsale-V-Basisfraktur (Universitätsmedizin Göttingen)

1.1.6 Therapie

In der Folgezeit der Erstbeschreibung durch Wiesbach, Schulte und Kirchner bestand die Therapie der Metatarsale-V-Basisfraktur aus der operativen Entfernung des Fragmentes, um eine schmerzfreie Fußfunktion herzustellen [Tittel und Schmidt 1984].

Im Verlauf etablierte sich die Gipsimmobilisation als konservative Therapie mit den Nachteilen der Thrombosen, Drucknekrosen und Inaktivitätsatrophien [Weinberg et al. 1993].

Aktuell sind bezüglich der Ruhigstellung, funktioneller Verbände und der Osteosyntheseverfahren unterschiedliche Empfehlungen in der Literatur zu finden [Gösele et al. 1997, Buddecke et al. 2010, Ritchie et al. 2011]:

Holzach et al. haben 1983 aufgrund fehlender Richtlinien bezüglich konservativer oder operativer Therapie eine klinische Gegenüberstellung in Form einer Nachkontrolle durchgeführt. Von 1979 bis 1980 wurden 101 Patienten mit einer Metatarsale-V-Basisfraktur konservativ behandelt sowie von 1972 bis 1980 49 Patienten operativ [Holzach et al. 1983]. Die konservativ behandelten Typ-I- und undislozierten Typ-II-Frakturen heilten innerhalb sechs Wochen problemlos [Holzach et al. 1983]. Von den operativ behandelten Typ-I-Frakturen heilten allerdings nur 26 von 30 primär [Holzach et al. 1983]. Deshalb zieht Holzach folgende therapeutische Konsequenzen:

- Typ-I-Frakturen: alle konservativ
- Typ-II-Frakturen: undisloziert: konservativ; disloziert: operativ
- Typ-III-Frakturen: konservativ/operativ

Auch Tittel und Schmidt befürworteten 1984 die konservative Therapie und registrierten in ihren Nachuntersuchungen den Vorteil der kürzeren Arbeitsunfähigkeit und die geringeren Beschwerden als nach durchgeführter Operation. Diese sollte Ausnahmen wie starker Dislokation oder offener Frakturen vorbehalten sein [Tittel und Schmidt 1984]. Auch konnten Tittel und Schmidt (1984) durch regelmäßiges Tragen orthopädischer Schuhzurichtungen die Beschwerdehäufigkeit vermindern.

Linder et al. wandten dieses Therapieschema 1986 erfolgreich an. Statt eines Gipses behandelten sie kooperative Patienten mit einem Strappingverband [Linder et al. 1986]. Auch in dieser Studie waren nach sechs Wochen alle Frakturen medial durchbaut [Linder et al. 1986]. Sogar bei dislozierten und Jonesfrakturen war eine konservative Therapie zum Teil erfolgreich. Wegen erhöhter Pseudarthrosegefahr sollten diese länger klinisch und radiologisch kontrolliert werden [Linder et al. 1986]. Außerdem zeigten Linder et al. (1986) die Vorteile eines Strappingverbandes auf, der leichter ist und durch limitierte Mobilität von Anfang an zu einer frühen Arbeitsfähigkeit der Patienten führt.

Bauer et al. untersuchten 1993 20 Patienten, deren Metatarsale-V-Basisfraktur im Durchschnitt vor 4,5 Jahren operativ versorgt wurde mit einer kinetischen Ganganalyse. Es konnte nachgewiesen werden, dass bei der Mehrzahl der Patienten eine Asymmetrie der Belastung mit Entlastung des ehemals verletzten Bereichs und Belastung der

Gegenseite vorlag [Bauer et al. 1993]. Klinisch war diese Asymmetrie nur bei drei Patienten aufgefallen. Die anderen Patienten, bei denen dies nicht aufgefallen war, konnten von der Kenntnis ihrer Fehlbelastung profitieren und einer entsprechenden Therapie zugeführt werden [Bauer et al. 1993]. So sollte die Indikation zur Operation nach Bauer (1993) sorgfältig gestellt werden (nur bei Dislokation über 2 mm, bei Fragmentfehlrotation und bei Gelenkbeteiligung mit Stufenbildung).

Holubec et al. (1993) führten ca. ein Jahr nach abgeschlossener konservativer Therapie eine Nachuntersuchung durch. Die Therapie bestand aus vier Wochen Immobilisation mit Hilfe eines Castes. Nach einem Jahr gaben fünf der 32 Patienten Beschwerden wie z.B. Schwellung des betroffenen Fußes oder Schmerzen bei Wetterwechsel an [Holubec et al. 1993].

1995 führten Clapper et al. ein Frakturregister ein, um die Verletzungen des fünften Mittelfußknochens zu vergleichen. Sie unterschieden die Metatarsale-V-Basisfraktur, Jonesfraktur und Schaft-/ Halsfraktur und therapierten diese mit einem Gips, einem *hard-soled shoe/ stout work shoe* oder Softcast. Der *hard-soled shoe* und der *stout work shoe* sind leichter als ein Gips, aber stabilisieren den Fuß durch ihre harte Sohle [Clapper et al. 1993]. So konnte die Heilung der Metatarsale-V-Basisfrakturen mit Hilfe eines Softcastes oder eines *hard-soled shoes* innerhalb vier Wochen erreicht werden. Schaft- und Halsfrakturen waren nach vier bis sechs Wochen verheilt. Bei den Patienten mit Jonesfraktur war die konservative Therapie nur in 72 % erfolgreich [Clapper et al. 1995].

Gösele et al. fanden 1997 im Stabilschuh eine konservative frühfunktionelle Behandlungsform mit kurzer Immobilisation und kurzer Arbeitsunfähigkeit, unabhängig vom Frakturtyp nach Holzach. Jedoch ist diese Therapieform im Vergleich zum Gips teurer und auch aufwendiger [Gösele et al. 1997].

Cohen und Shaw beschrieben 2001 eine günstigere konservative Therapieform - *focused rigidity casting*. Das synthetische Tape fixiert hauptsächlich den Bereich der Fraktur und nur minimal am proximalen und distalen Ende [Cohen und Shaw 2001]. Eine Muskelatrophie wird minimiert und die Patienten sind im Alltag selbstständiger und zufriedener [Cohen und Shaw 2001] (s. Abbildung 5).

2006 bestätigten Vorlat et al. den positiven Einfluss der frühen Mobilisierung auf den klinischen Erfolg bzw. identifizierten eine längere Entlastungszeit als Faktor, der eine mangelhafte Funktion nach sich zieht. Faktoren wie Alter, Geschlecht und Frakturtyp hatten hier keinen Einfluss auf das funktionelle Outcome [Vorlat et al. 2006].

Die konservative Therapie nach Hatch et al. (2007) für nicht dislozierte Metatarsale-V-Basisfrakturen sieht einen elastischen Verband vor. Eine Bandage, einen Softcast oder eine Schuhorthese mit harter Sohle wird nur empfohlen, wenn sich die Symptome im elastischen Verband nicht bessern [Hatch et al. 2007]. Bei Belastung nach Maßgabe der Beschwerden ist die Fraktur nach acht Wochen knöchern konsolidiert [Hatch et al. 2007].

Auch van Aaken et al. (2007) therapierten die Patienten ihrer Studie mit einem elastischen Verband. Die knöcherne Konsolidierung konnte durchschnittlich nach sieben Wochen radiologisch nachgewiesen werden [Van Aaken et al. 2007].

Beck und Mittlmeier sind auch der Meinung, dass nicht dislozierte Metatarsale-V-Basisfrakturen konservativ behandelt werden sollen und machen genaue Angaben, wann eine operative Therapie indiziert ist: Dislokation größer als 2 mm, Gelenkflächenbeteiligung größer als 30 % [Beck und Mittlmeier 2008]. Stressfrakturen und kindliche Frakturen bedürfen nur in Ausnahmefällen einer operativen Stabilisierung [Beck und Mittlmeier 2008].

Allgemein besteht Einigkeit in der Literatur über die Indikation zur Operation - Dislokation, Gelenkbeteiligung oder offene Frakturen [Lawrence und Botte 1993]. Die operative Therapie wird im Sinne einer Zuggurtungsosteosynthese durchgeführt [Hansis et al. 1986, Richter et al. 2004, Rammelt et al. 2004], aber auch die Verwendung von Schraubenosteosynthesen ist möglich [Rettig et al. 1992, Pendarvis et al. 1999, Shah et al. 2001]. Eine von Husain und DeFronzo durchgeführte Studie zeigte bei Verwendung von Schraubenosteosynthesen sowohl in Leichenextremitäten als auch in Schaumstoffmodellen statistisch signifikant bessere Ergebnisse als bei Verwendung von Zuggurtungsosteosynthesen [Husain und DeFronzo 2000]. Von 2004 bis 2006 behandelte Lui Patienten erfolgreich mit einem endoskopischen Operationsverfahren [Lui 2008].



Abbildung 5: *Focused rigidity casting*

(mit freundlicher Genehmigung von Elsevier, Copyright Elsevier 2001;

Cohen and Shaw: Focused rigidity casting, JRCollSurgEdinb 2001)

1.1.7 Komplikationen

Potentielle Komplikationen der Metatarsale-V-Basisfraktur und der Metatarsale-Frakturen allgemein sind: Arterienverletzung, Nervenverletzung, Kompartmentsyndrom, CRPS, Pseudarthrose und Osteomyelitis bei offenen Frakturen [Hatch et al. 2007]. Gould und Trevino berichten von drei Fällen der Verletzung bzw. Einklemmung des Nervus suralis [Gould und Trevino 1981]. Nach Landorf ist die verzögerte Frakturheilung durch die geringe arterielle Blutversorgung bedingt [Landorf 1999].

2. Material und Methoden

2.1 Retrospektive Datenerhebung

In der Zeit von 1996 bis 2005 wurden 83 Patienten in der Klinik für Unfallchirurgie, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Göttingen aufgrund einer Metatarsale-V-Basisfraktur behandelt, welche für die retrospektive Untersuchung in Frage kamen.

Die retrospektiven Daten wurden anhand der Krankenakten ausgewertet und mit einem Auswertungsbogen erfasst (s. Abbildung 6). Zielparameter waren Alter, Geschlecht, Unfallhergang, Primärbefund/ Symptome, Röntgenbefund, Therapie, Dauer bis zur Vollbelastung, Zeitpunkt der knöchernen Konsolidierung und weitere therapeutische Maßnahmen.

Bei der Dokumentation des Unfallhergangs erfolgte die Unterscheidung zwischen direktem und indirektem Trauma; bei indirektem Trauma wurde die weitere Differenzierung zwischen Pronations- und Supinationstrauma dokumentiert. Der Primärbefund bei Erstbehandlung beinhaltet die Symptome wie z.B. Druckschmerzen, Hämatom und/ oder Schwellung. Außerdem wurden Röntgenbefund und Therapie notiert. Bei den Patienten der retrospektiven Studie war eine operative und/ oder konservative Therapie möglich. Die Form der konservativen Therapie z.B. Sprunggelenksverband geschlossen oder gespalten oder Geisha-Schuh wurden dokumentiert. Die Dauer bis zur Vollbelastung und bis zur knöchernen Konsolidierung wurde in Wochen angegeben. Weitere therapeutische Maßnahmen waren u.a. Schmerzmittel und Gehhilfen.

So ergibt sich ein komplexes Bild des Unfallhergangs und der Therapie- und Heilungsverlauf werden nachvollziehbar.

Studie Mittelfußknochen-V-Basisfraktur	
Patientendaten Name: <input style="width: 100%;" type="text"/> Alter: <input style="width: 80%;" type="text"/> Jahre Geschlecht: <input type="checkbox"/> m <input type="checkbox"/> w Patientennummer: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Unfalldaten Datum: <input style="width: 100%;" type="text"/> Unfallhergang: <input style="width: 100%; height: 40px;" type="text"/> Sport: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Seite: <input type="checkbox"/> re. Fuß <input type="checkbox"/> li. Fuß
Primärbefund Klinik am: _____ _____ _____	
Begleiterkrankungen _____	
Röntgen <input type="checkbox"/> Fuß 2 Ebenen <input type="checkbox"/> OSG 3 Ebenen <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____	Röntgenbefund: <input style="width: 100%; height: 40px;" type="text"/>
Therapie <input type="checkbox"/> operativ <input type="checkbox"/> konservativ _____ Gehstützen: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> nicht dokumentiert Schmerztherapie: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> nicht dokumentiert	
Dauer bis zur Vollbelastung _____ Arbeitsunfähigkeit: _____ Sportunfähigkeit: _____	
Knöcherner Konsolidierung im Röntgen _____	

Abbildung 6: Auswertungsbogen retrospektive Studie

2.2 Prospektive Studie

In die prospektiv randomisierte Studie konnten von 2004 bis 2007 18 Patienten aufgenommen werden, die sich eine Metatarsale-V-Basisfraktur zugezogen hatten und die Studienkriterien erfüllten. Der Studienbeginn erfolgte nach der Zustimmung durch die Ethikkommission der Georg-August-Universität Göttingen.

2.2.1 Datenerhebung

Für die prospektiven Daten wurden die Patienten mit geeigneter Indikation bei der Erstaufnahme von der Möglichkeit unterrichtet, an der Studie teilzunehmen. Die Patienten wurden informiert und aufgeklärt, dass sie aus der Studie jederzeit, ohne Angaben von Beweggründen und ohne Nachteile für die weitere Behandlung ausscheiden können. Der Einhaltung des Datenschutzes wurde garantiert und die Zustimmung zur Teilnahme an der Studie wurde mittels eines gesonderten Einwilligungensformulars eingeholt. Mittels Patientenprotokoll wurde eine genaue Dokumentation der Daten durchgeführt.

2.2.2 Studienablauf

Die Patienten werden fortlaufend randomisiert. Die erste Gruppe wird sechs Wochen mit einem gespaltenen Sprunggelenksverband versorgt und bekommt intensive Physiotherapie und Lymphdrainage drei Mal pro Woche, welche sofort beginnt. Wenn nach einer Woche die Schwellung abgeklungen ist, findet ggf. eine Neuanpassung des gespaltenen Sprunggelenksverbandes statt. Die zweite Gruppe wird herkömmlich behandelt mit einem geschlossenen Sprunggelenksverband für sechs Wochen und

anschließender Physiotherapie und Lymphdrainage nach Verbandsentfernung. Die dritte Gruppe erhält einen Ankle-Splint für sechs Wochen und wie Gruppe 1 sofortige intensive Physiotherapie und Lymphdrainage drei Mal pro Woche.

Die Belastung ist in allen Gruppen bis zur Schmerzgrenze erlaubt. Die Patienten der Gruppen 1 und 2 bekommen Clexane 40 einmal täglich s.c. als Thromboseprophylaxe. Patienten der Gruppe 3 benötigen nur eine Thromboseprophylaxe, wenn keine Belastung möglich ist.

Nach Erstuntersuchung folgen definierte Untersuchungen am ersten Tag, nach einer Woche, am achten Tag, nach zwei, sechs und zehn Wochen. Die Daten werden in Befunderhebungsbögen dokumentiert.

- Erstuntersuchung:

In der Anamnese werden der Unfallmechanismus und das Unfalldatum erfragt. Der Fuß und das obere Sprunggelenk werden im Seitenvergleich untersucht. Beschwerden wie Druckschmerz, Hämatom oder Schwellung der jeweiligen Seite werden notiert. Die Erstversorgung folgt entsprechend der Gruppen 1 bis 3. Bei Bedarf erhalten die Patienten Gehstützen und eine standardisierte Schmerztherapie mit NSAR. Gruppe 1 und 3 erhalten ein Rezept für drei Mal pro Woche Physiotherapie und Lymphdrainage (18 Einheiten, sechs Wochen).

- Gipskontrolle erster Tag:

Bei allen Patienten der Gruppen 1 bis 3 findet nach einem Tag eine klinische Untersuchung zur Kontrolle statt. Die Castpassform wird kontrolliert, Druckschmerz und Beschwerden werden erfragt. Gegebenenfalls ist eine Modifikation des Verbandes notwendig.

- Gipswechsel nach einer Woche:

Nach einer Woche wird in einer klinischen Untersuchung nochmals die Passform, Durchblutung, Motorik und Sensibilität kontrolliert. Wenn der Patient Beschwerden oder Druckschmerz angibt, wird dies notiert. In jeder Gruppe findet

zu diesem Zeitpunkt ein Wechsel auf die Definitivversorgung statt, wenn diese bei der Erstversorgung bedingt durch die Schwellung noch nicht möglich war.

- Gipskontrolle achter Tag:

Zur eventuellen Modifikation müssen wieder Passform, Durchblutung, Motorik und Sensibilität überprüft werden.

- Kontrolle nach zwei Wochen:

Nach zwei Wochen wird durch eine klinische Untersuchung die Castpassform nochmals kontrolliert. Bei allen Patienten wird getestet, ob sie noch Druckschmerz über der Fraktur empfinden. Außerdem wird eine radiologische Kontrolle durchgeführt. Der Fuß wird in zwei Ebenen geröntgt und die Frakturspaltweite wird gemessen.

- Sechs Wochen:

Nach sechs Wochen wird der Cast-Verband abgenommen. Es findet wieder eine klinische und radiologische Kontrolle statt. Druckschmerz über der Fraktur wird notiert und die Frakturspaltweite im Röntgen in zwei Ebenen ermittelt. Alle Patienten erhalten ein Rezept für sechs Mal Physiotherapie und sechs Mal Lymphdrainage (erstmalig für Gruppe 2).

- Zehn Wochen:

Die klinische Kontrolle wird wie nach zwei und sechs Wochen durchgeführt. Eine radiologische Untersuchung ist nur bei fehlender knöcherner Konsolidierung der Fraktur nötig. Zusätzlich werden noch Mobilität und Einschränkungen beurteilt.

2.3 Verbandsmaterialien

Es wurden Kunststoffmaterialien verwendet. Diese polyurethanimprägnierten Bandagen sind zusammengesetzt aus einem Harz und einem Gewebe. Das Gewebe ist ein synthetisches Garn, welches sich flexibel der Körperform anpasst. Die Harze bilden ein vernetztes Polymer, wenn sie mit Wasser in Verbindung gebracht werden. Das Polymer verbindet die Gewebe und formt den Stützverband [Schleikis 2000].

Kunststoffverbände sind luftdurchlässig, wasserfest und sehr widerstandsfähig. Sie sind kosmetisch ansprechend und vielfach bei normaler Kleidung zu tragen. Weitere Vorteile gegenüber Mineralgips sind das geringere Gewicht, die höhere Dehnfähigkeit des Materials, die höhere Röntgentransparenz und Wirtschaftlichkeit [Schleikis 2000].

2.3.1 Sprunggelenksverband

Der Sprunggelenksverband kann geschlossen oder gespalten verwendet werden. Bei beiden Verbänden bleibt das Großzehengrundgelenk frei. Das obere und untere Sprunggelenk sind ruhiggestellt. Weder Supination und Pronation noch Dorsalextension und Plantarflexion können ausgeführt werden. Beim gespaltenen Sprunggelenksverband wird im Unterschied zum geschlossenen eine Longuette Hartcast als U-Zügel als zusätzliche Verstärkung benutzt. Außerdem wird der Cast nach dem Aushärten dorsal, seitlich der Achillessehne gespalten. Dies hat den Vorteil, dass der Cast trotz Anschwellen des Fußes nicht zu eng wird. Auch kann man ihn zur Körperpflege oder Physiotherapie abnehmen.

Gruppe 1 der prospektiven Studie wurde mit dem gespaltenen Sprunggelenksverband behandelt und Gruppe 2 mit dem geschlossenen.

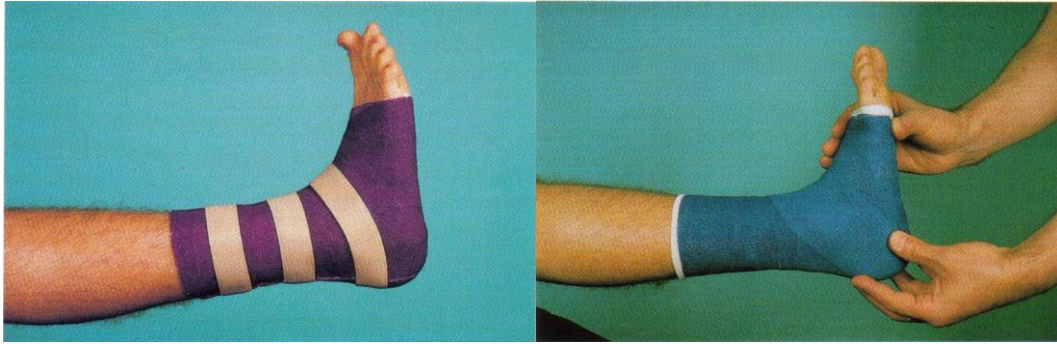


Abbildung 7: Sprunggelenksverband (mit freundlicher Genehmigung des Springer Verlages;
Schleikis: Gips und synthetischer Stützverband, ehemals Steinkopff Verlag)

2.3.2 Ankle-Splint

Bei der Behandlung im Ankle-Splint wird das untere Sprunggelenk ruhiggestellt und die Mobilität des oberen Sprunggelenkes bleibt erhalten. So kommt es nur zur Verhinderung der ursächlichen Bewegung, die zur Metatarsale-V-Basisfraktur führte (Verhinderung der Supination und Inversion). Dorsalextension und Plantarflexion sind weiterhin möglich. Durch die Mobilität im oberen Sprunggelenk wird das Thromboserisiko minimiert und die Funktion verbessert.

Gruppe 3 der prospektiven Studie wurde mit dem Ankle-Splint behandelt.



Abbildung 8: Ankle-Splint (Universitätsmedizin Göttingen)

2.3.3 „Geishaverband“ (gespalten)

Beim „Geishaverband“ sind weder Dorsalextension und Plantarflexion noch Pronation und Supination eingeschränkt. Dadurch sind das Thromboserisiko und die Gefahr der Muskelatrophie gering, doch durch Zug der Musculus-peroneus-Sehne ist keine Ruhigstellung der Metatarsale-V-Basis gewährleistet. Die Fußsohle wird durch eine Hartcast-Longuette stabilisiert, um die Ruhigstellung zu verstärken.

Der „Geishaverband“ wurde häufig bei Patienten der retrospektiven Studie verwendet. In der prospektiven Studie wurde aus dem Grund der geringen Stabilität ohne Auswirkung auf den ursächlichen Verletzungsmechanismus auf die Verwendung verzichtet.

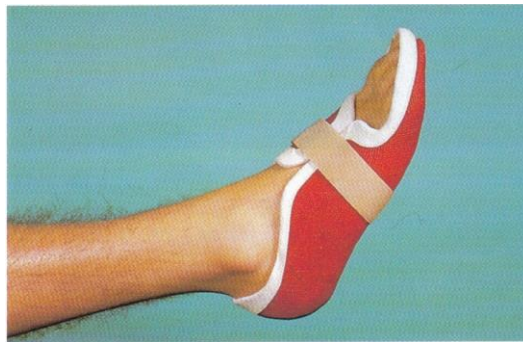


Abbildung 9: „Geishaverband“

(mit freundlicher Genehmigung des Springer Verlages;

Schleikis: Gips und synthetischer Stützverband, ehemals Steinkopff Verlag)

2.4 Statistische Auswertung

Die gewonnenen Daten beider Studiengruppen wurden mit Excel (Microsoft Office, Redmond, USA) ausgewertet. Mittelwerte und Standardabweichung wurden bestimmt. Die Signifikanzprüfung erfolgte mit PRISM 4.0 (GraphPad, San Diego, USA), one-way-ANOVA. Als post-hoc-Test wurde der Tukey-Kramer-Test verwendet. Das Signifikanzniveau lag bei $p < 0,05$.

3. Ergebnisse

3.1 Retrospektive Studie

3.1.1 Demographische Daten

Der Beobachtungszeitraum war vom 01.01.1996 bis zum 31.12.2005 mit einem Durchschnittsalter der Patienten von 34 Jahren.

Die Geschlechterverteilung betrug 40 Frauen (48 %) und 43 Männer (52 %).

In 59 % der Fälle war die rechte und in 41 % die linke Seite betroffen.

3.1.2 Erstaufnahme

Die Metatarsale-V-Basisfraktur wurde im Durchschnitt innerhalb von 1,8 Tagen nach dem Unfall versorgt. In 55 Fällen (67 %) begaben sich die Patienten direkt am Unfalltag in ärztliche Behandlung. 18 Patienten (22 %) stellten sich erst nach einem Tag vor. Die längste Latenz vom Unfalltag bis zur Erstversorgung betrug 64 Tage.

13 Patienten (19 %) verletzten sich durch ein direktes Trauma wie z.B. einen direkten Anprall, Stoß oder Tritt. 54 Patienten (81 %) zogen sich die Metatarsale-V-Basisfraktur durch einen indirekten Unfallmechanismus zu. 53 (79 %) von diesen erlitten ein Supinations- und ein Patient (2 %) ein Pronationstrauma.

Bei 16 Patienten wurde der Unfallmechanismus nicht dokumentiert.

Unfallmechanismus	n	%
Direktes Trauma	13	19
Indirektes Trauma	54	81
Supination	53	79
Pronation	1	2

Tabelle 1: Unfallmechanismus

In zwölf Fällen (15 %) wurde sich die Verletzung beim Sport zugezogen. Als häufigste Sportart wurde Fußball genannt (sieben Patienten, 58 % der Sportverletzungen, 8 % aller Patienten).

3.1.3 Klinischer Befund bei Erstbehandlung

Die häufigsten Symptome, die bei der Erstbehandlung angegeben wurden, waren Druckschmerz und/ oder Schwellung und/ oder Hämatom. Betroffen war meist der Fuß bzw. der laterale Fußrand und/ oder auch der Malleolus lateralis. 62 Patienten (81 %) hatten Druckschmerzen über dem fünften Mittelfußknochen oder über dem lateralen Fußrand. Bei 21 Patienten (27 %) wurde ein Hämatom dokumentiert und bei 57 Patienten (74 %) fiel bei der klinischen Untersuchung des Fußes eine Schwellung auf. Bei zwei Patienten (3 %) blieb die klinische Untersuchung ohne Befund. Bei ihnen wurde aufgrund anamnestischer Angaben eine radiologische Diagnostik durchgeführt und so eine Metatarsale-V-Basisfraktur diagnostiziert.

Klinik	n	%
Druckschmerz	62	81
Hämatom	21	27
Schwellung	57	74

Tabelle 2: Klinischer Befund

Zumeist ist die Metatarsale-V-Basisfraktur eine Monoverletzung. Wenn eine Zweitverletzung auftrat (elf Patienten, 13 %), war es häufig eine Zweitverletzung des betroffenen Fußes. Bei fünf Patienten (6 %) wurde eine Metatarsale-IV-Fraktur als Zweitverletzung diagnostiziert. Die anderen sechs Patienten zogen sich je nach Unfallmechanismus unterschiedliche Begleitverletzungen wie z. B. Verletzungen des oberen Sprunggelenkes, Fraktur der Finger oder Rippenfrakturen zu.

3.1.4 Radiologische Untersuchung

Bei 36 Patienten (44 %) wurde bei der Erstaufnahme der Fuß in zwei Ebenen geröntgt. Bei 32 Patienten (40 %) wurde ein Röntgenbild vom Fuß in zwei Ebenen und außerdem vom oberen Sprunggelenk in drei Ebenen angefertigt.

Es zeigte sich die Metatarsale-V-Basisfraktur, nicht disloziert, extraartikulär (51 Patienten, 62 %) als häufigster Befund. Eine dislozierte, extraartikuläre Metatarsale-V-Basisfraktur hatten zwölf Patienten (15 %). Bei ebenfalls zwölf Patienten (15 %) verlief die Fraktur intraartikulär. Selten war die Metatarsale-V-Basisfraktur intraartikulär und disloziert (sechs Patienten, 7 %). Ein radiologischer Befund ergab eine Jonesfraktur (1 %).

Bei einem Patienten wurde kein Röntgen-Befund dokumentiert.

Radiologischer Befund	n	%
Nicht disloziert, extraartikulär	51	62
Disloziert, extraartikulär	12	15
Intraartikulär, nicht disloziert	12	15
Intraartikulär, disloziert	6	7
Jonesfraktur	1	1

Tabelle 3: Radiologischer Befund

3.1.5 Therapie

15 Patienten (18 %) mussten aufgrund einer Frakturdislokation, einer intraartikulären Fraktur oder einer Mehrfragmentfraktur operativ versorgt werden. 66 (82 %) Patienten erhielten eine konservative Therapie. Bei 48 der konservativ versorgten Patienten wurde sich auf folgendes Therapieverfahren festgelegt:

21 Patienten (26 %) wurden mit einem geschlossenen Sprunggelenksverband behandelt, zehn Patienten (12 %) mit einem gespaltenen Sprunggelenksverband, 16 Patienten (20 %) mit einem Geisha-Schuh und ein Patient (1 %) mit einem Ankle-Splint. Selten wurden ein Liegegips, Boxer- und Basketballstiefel verwendet.

18 der konservativ versorgten Patienten wurden im Verlauf mit verschiedenen Kombinationen von Orthesen und Verbänden behandelt.

Therapie	N	%
SG-Verband geschlossen	21	26
SG-Verband gespalten	10	12
Geisha-Schuh	16	20
Ankle-Splint	1	1
Liegegips	2	3

Tabelle 4: Therapie

Die durchschnittliche Zeit bis zur Vollbelastung des verletzten Fußes aller 83 Patienten betrug 7,5 Wochen. Die kürzeste Teilbelastung/ Entlastung war eine Woche und die längste 35 Wochen. Bei den 15 operierten Patienten betrug die durchschnittliche Zeit bis zur Vollbelastung elf Wochen. Bei acht der 15 Patienten fand zunächst ein konservativer Therapieversuch statt; sieben Patienten wurden primär operativ versorgt. Bei den Patienten mit konservativer Therapie betrug die durchschnittliche Zeit bis zur Vollbelastung 6,3 Wochen.

Die durchschnittliche Zeit bis zur knöchernen Konsolidierung der Fraktur aller Patienten betrug 8,4 Wochen. Die früheste knöcherne Heilung konnte nach 3 Wochen festgestellt werden und die späteste nach 35 Wochen. Nach operierter Fraktur war die Konsolidierung im Durchschnitt nach 9,3 Wochen erreicht und bei konservativer Therapie nach 8,1 Wochen.

Im Vergleich der Wochen bis zur knöchernen Konsolidierung der vier am häufigsten angewandten konservativen Therapien (SG-Verband geschlossen und gespalten, Geisha-Schuh und Ankle-Splint) ist der p-Wert größer als das Signifikanzniveau; somit zeigt sich keine statistische Signifikanz.

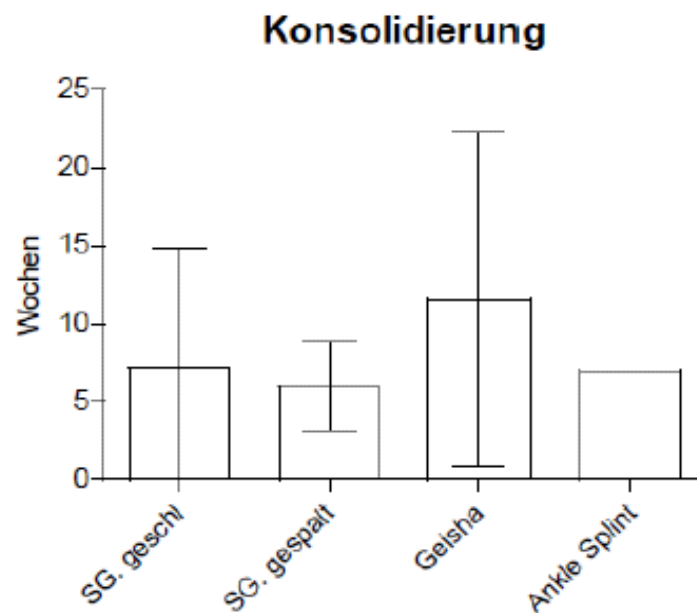


Abbildung 10: Knöcherne Konsolidierung, statistische Auswertung

3.1.6 Weitere therapeutische Maßnahmen

Bei Schmerzen wurde ein Schmerzmittel (NSAR) verordnet und bei Bedarf Gehhilfen. Insgesamt zwölf Patienten (14 %) brauchten Schmerzmittel und 44 Patienten insgesamt (53 %) nahmen Gehhilfen als Unterstützung zur Entlastung des Fußes an.

Drei der 15 operierten Patienten (20 %) benötigten Schmerzmittel und acht Patienten (53 %) Gehhilfen. Während der konservativen Therapie brauchten neun der Patienten (13,6 %) Schmerzmedikation und 36 der Patienten (54,5 %) Gehhilfen.

Weitere th.Maßnahmen	n	%
Gehstützen	44	53
Schmerztherapie	12	14

Tabelle 5: Weitere therapeutische Maßnahmen

3.1.7 Arbeitsunfähigkeit und Sportunfähigkeit

Die Arbeitsunfähigkeit aller Patienten betrug im Durchschnitt 9,9 Wochen. Der kürzeste Zeitraum bis zur Wiederaufnahme der Arbeit war eine Woche und der längste 30 Wochen. Die Arbeitsunfähigkeit der operierten Patienten betrug 13,3 Wochen und bei konservativer Therapie 7,6 Wochen.

Im Vergleich der Wochen der Arbeitsunfähigkeit der vier am häufigsten angewandten konservativen Therapien (SG-Verband geschlossen und gespalten, Geisha-Schuh und Ankle-Splint) ist der p-Wert größer als das Signifikanzniveau; somit zeigt sich keine statistische Signifikanz.

Die Sportunfähigkeit aller Patienten betrug im Durchschnitt neun Wochen. Nach vier Wochen fing der erste Patient an Sport zu treiben und die längste Sportpause dauerte 21 Wochen.

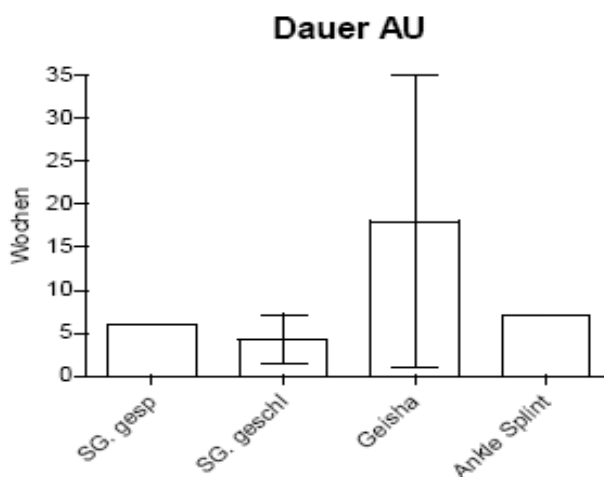


Abbildung 11: Dauer der Arbeitsunfähigkeit, statistische Auswertung

3.2 Prospektive Studie

3.2.1 Demographische Daten

Der Beobachtungszeitraum war vom 01.07.2004 bis zum 31.12.2007.

Fünf Patienten der 18 Patienten (28 %) wurden in Gruppe 1 eingeteilt (gespaltener Sprunggelenksverband), fünf Patienten (28 %) in Gruppe 2 (geschlossener Sprunggelenksverband) und acht Patienten (45 %) in Gruppe 3 (Ankle-Splint).

Die fehlenden drei Patienten der Gruppen 1 und 2 setzten die Behandlung auswärtig fort und wurden aus der Studie ausgeschlossen.

Das Alter der Patienten variiert zwischen 17 und 54 Jahren. Das Durchschnittsalter liegt bei 31 Jahren. In Gruppe 1 liegt das Durchschnittsalter bei 28 Jahren, in Gruppe 2 bei 34 Jahren und in Gruppe 3 bei 27 Jahren.

Es wurden sieben Frauen (39 %) und 11 Männer (61 %) in die Studie aufgenommen. Innerhalb der verschiedenen Gruppen fand sich eine ähnliche Geschlechterverteilung.

3.2.2 Erstaufnahme

Die längste Latenz bis zur Erstversorgung waren acht Tage und der früheste Therapiebeginn war am Unfalltag. Im Durchschnitt fand die Erstbehandlung nach 1,6 Tagen statt. In Gruppe 1 war der Durchschnitt 4,5 Tage (von 1 Tag bis 8 Tage), in Gruppe 2 waren es 0,3 Tage (von Unfalltag bis 1 Tag) und in Gruppe 3 1,5 Tage (von Unfalltag bis 2 Tage).

Elf Patienten (73 %) verletzten sich den rechten Fuß und vier Patienten (27 %) den linken Fuß.

Zwei Patienten (12 %) verletzten sich durch ein direktes Trauma und 15 (82 %) indirekt durch Supination/ Inversion des Fußes.

Bei einem Patienten wurde der Unfallmechanismus nicht dokumentiert.

Unfallmechanismus	N	%
Direktes Trauma	2	12
Indirektes Trauma	15	88
Supination	15	88
Pronation	0	0

Tabelle 6: Unfallmechanismus

Zwei Patienten (11 %) zogen sich die Metatarsale-V-Basisfraktur beim Sport zu. 16 Patienten (89 %) zogen sich die Fraktur durch ein Distorsionstrauma z.B. beim Gehen oder Treppensteigen zu.

3.2.3 Klinischer Befund bei Erstbehandlung

Druckschmerz und/ oder Schwellung und/ oder Hämatom waren die führenden Symptome, die gleichmäßig in den drei Gruppen vorkamen. Zwölf Patienten (75 %) gaben Druckschmerz an. Bei acht Patienten (50 %) fiel der Fuß durch eine Schwellung auf und drei Patienten (19 %) hatten ein Hämatom. Isolierter Druckschmerz ohne ein sichtbares Symptom wurde bei sechs Patienten (38 %) dokumentiert.

Klinik	n	%
Druckschmerz	12	75
Hämatom	8	50
Schwellung	3	19

Tabelle 7: Klinischer Befund

15 Patienten (83 %) hatten zum Zeitpunkt der Erstaufnahme keine Begleiterkrankungen. Drei Patienten (17 %) hatten eine zusätzliche Verletzung. Zwei von ihnen (75 %) zogen sich eine zweite Verletzung des betroffenen Fußes zu (Metatarsale-IV-Basisfraktur und Distorsion des oberen Sprunggelenkes). Diese beiden Patienten teilen sich auf in Gruppe 3 und 2. In Gruppe 1 gab es keine Begleiterkrankungen.

3.2.4 Radiologische Untersuchung

Bei sieben Patienten (41 %) wurde der Fuß bei der Erstaufnahme in zwei Ebenen geröntgt. Bei zehn Patienten (59 %) wurden zusätzlich Röntgenbilder in drei Ebenen vom oberen Sprunggelenk gemacht.

Bei neun Patienten (75 %) war der radiologische Befund eine Metatarsale-V-Basisfraktur, nicht disloziert, extraartikulär. Bei zwei Patienten (17 %) verlief die Fraktur intraartikulär (Gruppe 1 und 3). Disloziert war die Metatarsale-V-Basisfraktur in keinem der Fälle. Bei einem Patienten (8 %) ergab der radiologische Befund eine Metatarsale-V-Basisfraktur mit mehreren Fragmenten (Gruppe 2).

Bei sechs Patienten wurde kein genauere radiologischer Befund als eine Metatarsale-V-Basisfraktur dokumentiert.

Radiologischer Befund	n	%
Nicht disloziert, extraartikulär	9	75
Intraartikulär	2	17
Mehrfragmentär	1	8

Tabelle 8: Radiologischer Befund

	Extraartikulär	Intraartikulär	Mehrfragmentär
Gruppe 1	n=3	n=1	n=0
Gruppe 2	n=3	n=0	n=1
Gruppe 3	n=3	n=1	n=0

Tabelle 9: Radiologischer Befund Gruppe 1-3

3.2.5 Therapie

Die Therapie erfolgte, wie in den entsprechenden Gruppen vorgesehen (s. 3.2.1).

Die fünf Patienten der Gruppe 1 wurden mit einem gespaltenen Sprunggelenksverband, Physiotherapie und Lymphdrainage ab sofort behandelt.

In Gruppe 2 erhielten fünf Patienten einen geschlossenen Sprunggelenksverband. Physiotherapie und Lymphdrainage wurden erst nach sechs Wochen durchgeführt.

In Gruppe 3 wurden die acht Patienten mit einem Ankle-Splint, Physiotherapie und Lymphdrainage ab sofort therapiert.

Acht Patienten (44 %) erhielten die Definitivversorgung nicht bei der Erstbehandlung. In sieben Fällen wurde übergangsweise schwellungsbedingt erst ein Steigbügelgips verwendet. Fünf der acht Patienten sind in Gruppe 3, zwei waren in Gruppe 1 und einer in Gruppe 2.

Therapie	n	%
SG-Verband gespalten (Gr.1)	5	28
SG-Verband geschlossen (Gr.2)	5	28
Ankle-Splint (Gr.3)	8	45

Tabelle 10: Therapie

Die durchschnittliche Zeit bis zur Vollbelastung des verletzten Fußes betrug 1,7 Wochen. Die längste Teilbelastung/ Entlastung war sechs Wochen. Der früheste Zeitpunkt der Vollbelastung war der Unfalltag.

Die Patienten der Gruppe 1 entlasteten ihren verletzten Fuß im Durchschnitt eine Woche. Gruppe 2 fing im Durchschnitt nach 2,3 Wochen an voll zu belasten und Gruppe 3 nach zwei Wochen.

	Dauer bis Vollbelastung
Gruppe 1	1 Woche
Gruppe 2	2,3 Wochen
Gruppe 3	2 Wochen

Tabelle 11: Dauer bis Vollbelastung

Die durchschnittliche Zeit bis zur knöchernen Konsolidierung betrug 6,2 Wochen. Nach zwei Wochen war der früheste Zeitpunkt, an dem der Frakturspalt nicht mehr abzugrenzen war. Die längste Zeit bis zur knöchernen Konsolidierung betrug zehn Wochen.

In Gruppe 1 betrug die durchschnittliche Zeit bis zur knöchernen Konsolidierung sieben Wochen. In Gruppe 2 waren es 7,7 Wochen bis zur knöchernen Heilung und in Gruppe 3 waren es vier Wochen.

Im Vergleich der Wochen bis zur knöchernen Konsolidierung aller drei Gruppen untereinander ist der p-Wert größer als das Signifikanzniveau; somit zeigt sich keine statistische Signifikanz.

Knöcherne Konsolidierung	Wochen
Durchschnitt	6,2
Minimum	2
Maximum	10

Tabelle 12: Knöcherne Konsolidierung

	Knöchelne Konsolidierung
Gruppe 1	7 Wochen
Gruppe 2	7,7 Wochen
Gruppe 3	4 Wochen

Tabelle 13: Knöchelne Konsolidierung Gruppe 1-3

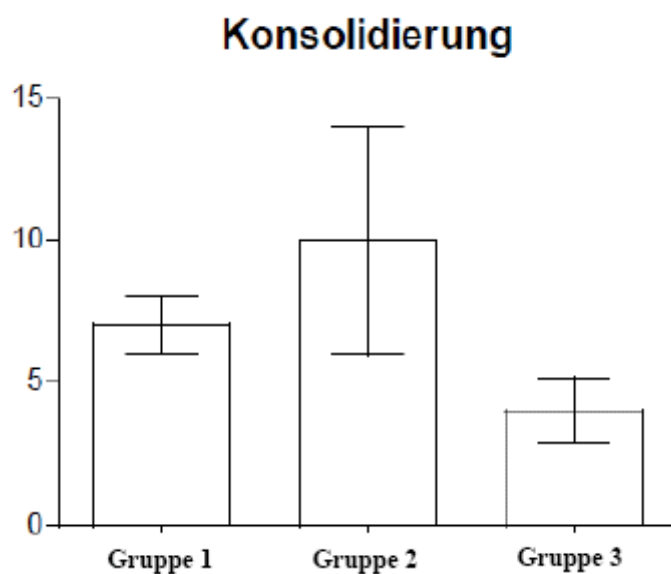


Abbildung 12: Knöchelne Konsolidierung Gruppe 1-3, statistische Auswertung

3.2.6 Weitere therapeutische Maßnahmen

Sieben Patienten (39 %) brauchten Schmerzmittel und 13 Patienten (72 %) nahmen Gehhilfen als Unterstützung zur Entlastung des Fußes an. Die Schmerzmittel und die Gehhilfen wurden im Durchschnitt acht Tage benötigt.

In Gruppe 1 benötigten drei Patienten (60 %) Gehhilfen (im Durchschnitt acht Tage) und zwei Patienten (40 %) im Schmerzmittel (im Durchschnitt elf Tage). In Gruppe 2 nahmen vier Patienten (80 %) Gehhilfen in Anspruch (im Durchschnitt elf Tage) und

zwei Patienten (40 %) Schmerzmittel (im Durchschnitt sieben Tage). Sechs Patienten der Gruppe 3 (75 %) waren auf Gehhilfen angewiesen (Durchschnitt sieben Tage) und drei Patienten (38 %) nahmen ein Schmerzmittel (Durchschnitt sechs Tage).

Im Vergleich der Tage an benötigten Gehhilfen aller drei Gruppen untereinander ist der p-Wert größer als das Signifikanzniveau; somit zeigt sich keine statistische Signifikanz.

Weitere therap. Maßnahmen	N	%	Durchschnitt
Gehstützen	13	72	8 Tage
Schmerztherapie	7	39	8 Tage

Tabelle 14: Weitere therapeutische Maßnahmen

	Gehhilfen	Schmerztherapie
Gruppe 1	n=3 (8 Tage)	n=2 (11 Tage)
Gruppe 2	n=4 (11 Tage)	n=2 (7 Tage)
Gruppe 3	n=6 (7 Tage)	n=3 (6 Tage)

Tabelle 15: Weitere therapeutische Maßnahmen Gruppe 1-3

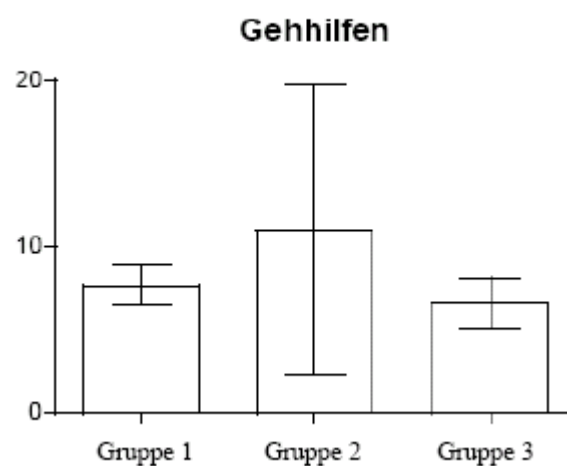


Abbildung 13: Tage Benutzung Gehhilfen Gruppe 1-3, statistische Auswertung

4.Radiologische Verläufe

4.1 Radiologischer Verlauf im Ankle-Splint



Abbildung 14: Patient 1, MFK-V-Basisfraktur bei Erstdiagnose (Universitätsmedizin Göttingen)



Abbildung 15: Patient 1, MFK-V-Basisfraktur nach 2 Wochen (Universitätsmedizin Göttingen)



Abbildung 16: Patient 1, MFK-V-Basisfraktur nach 6 Wochen (Universitätsmedizin Göttingen)

4.2 Radiologischer Verlauf im Sprunggelenksverband



Abbildung 17: Patient 2, MFK-V-Basisfraktur bei Erstdiagnose (Universitätsmedizin Göttingen)



Abbildung 18: Patient 2, MFK-V-Basisfraktur nach 2 Wochen (Universitätsmedizin Göttingen)



Abbildung 19: Patient 2, MFK-V-Basisfraktur nach 6 Wochen (Universitätsmedizin Göttingen)

5. Diskussion

Die Metatarsale-V-Basisfraktur hat als häufigste knöcherner Verletzung des Fußes eine große Bedeutung. Da häufig eine konservative chirurgische Therapie durchgeführt werden kann, ist die Bedeutung im ambulanten Bereich besonders groß.

Da es kein einheitliches konservatives Therapiekonzept gibt, führten wir zunächst die retrospektive Studie wie oben beschrieben durch. Anhand dieser Ergebnisse erfolgte die Planung der prospektiven Studie. Der Geisha-Schuh zeigte in der retrospektiven Studie unbefriedigende Ergebnisse und fand deshalb in der prospektiven Studie keine Anwendung.

Neben der konservativen Therapie gibt es die Option der operativen Therapie. Die Indikation ist einheitlich definiert; die operative Therapie wird bei Dislokation, Gelenkbeteiligung oder bei offenen Frakturen durchgeführt.

In der folgenden Diskussion soll zunächst das Gesamtergebnis der drei Gruppen der prospektiven Studie mit den Daten der retrospektiven Studie sowie den Daten der Literatur verglichen werden. Eine Evaluation der Therapie der Metatarsale-V-Basisfraktur der letzten Jahre im Universitätsklinikum Göttingen ist dadurch möglich. Anschließend wurden die drei Gruppen der prospektiven Studie untereinander und auch mit der vorangegangenen Evaluation verglichen, um zu zeigen, dass der Ankle-Splint mit frühfunktioneller Physiotherapie ein gutes konservatives Therapiekonzept darstellt.

5.1 Retrospektive und prospektive Studie im Vergleich

Das Durchschnittsalter der Patienten der retrospektiven und der prospektiven Studie war vergleichbar (34 Jahre/ 31 Jahre). In der angegebenen Literatur variierte das Durchschnittsalter im Rahmen von 27 [Clapper et al. 1995] bis 40 Jahre [Bauer et al. 1993]. In der retrospektiven und in der prospektiven Studie sowie in der Literatur zeigte

sich ein höherer Männeranteil der in die Studien aufgenommenen Patienten [Gösele et al. 1997, Bauer et al. 1993, Clapper et al. 1995].

Die Erstversorgung der Metatarsale-V-Basisfraktur erfolgte in der retrospektiven Gruppe nach durchschnittlich 1,8 Tagen und in der prospektiven Gruppe nach 1,6 Tagen. Je nach Stärke der Symptome und Einschränkung im Alltag variierte die Zeit vom Unfallereignis bis zur Erstvorstellung beim Arzt. Eine frühe Erstversorgung sichert eine frühe Ruhigstellung der Fraktur und eine bessere Heilung.

In beiden Studien ist der rechte Fuß häufiger verletzt als der linke Fuß. Dies ist am ehesten auf eine Lateralität motorischer Aktivitäten/ Seitenbevorzugung ähnlich der Händigkeit zurückzuführen.

In der Mehrzahl der Fälle wurde die Metatarsale-V-Basisfraktur durch ein indirektes Trauma verursacht (retrospektive Gruppe 81 %, prospektive Gruppe 82 %). Auch in anderen Studien wird gezeigt, dass die Fraktur hauptsächlich durch ein indirektes Trauma (meist Supination) entsteht [Gösele et al. 1997, Bauer et al. 1993, Holzach et al. 1983]. Bei einem Distorsionstrauma kommt es durch den starken Zug der Peroneus-brevis-Sehne und der Plantaraponeurose an der Tuberositas des fünften Mittelfußknochens zur Fraktur [Gösele et al. 1997, Pendarvis et al. 1999]. Die straffen Bandverbindungen des Fußskelettes verhindern eine Luxationsverletzung, führen aber zur Metatarsale-V-Basisfraktur [Tittel und Schmidt 1984]. Die Aussagen sind einheitlich bezüglich des indirekten Traumas als Ätiologie und werden durch die funktionelle Anatomie bestätigt und erklärt.

In der prospektiven und retrospektiven Studie waren Druckschmerz, Schwellung und/oder Hämatom des Fußes oder des lateralen Fußrandes die häufigsten Symptome, die bei der Erstbehandlung dokumentiert wurden. Druckschmerz war das führende Symptom der Patienten (retrospektiv 81 %, prospektiv 75 %). Auch Hatch et al. geben Schmerzen des lateralen Fußrandes und Einschränkung des Gehvermögens als Hauptsymptome an sowie Rötung und Schwellung [Hatch et al. 2007, Strayer et al. 1999]. Diese Übereinstimmung zeigt, dass die klinische Untersuchung der typischen Frakturzeichen ein wichtiger Teil der Diagnostik ist und dass vor allem der

Druckschmerz des lateralen Fußrandes ein wichtiger Hinweis auf eine Metatarsale-V-Basisfraktur ist.

Nach der Erstuntersuchung erfolgte die radiologische Diagnostik. In beiden Studien wurde der betroffene Fuß in jeweils ca. 40 % der Fälle in zwei Ebenen ohne das obere Sprunggelenk geröntgt. Bei der Mehrzahl der restlichen Patienten wurde zusätzlich das obere Sprunggelenk in drei Ebenen geröntgt. Andere Autoren empfehlen, den Fuß in drei Ebenen zu röntgen (anteroposterior, lateral und schräg) [Strayer et al. 1999, Beck und Mittlmeier 2008]. Holzach et al. schlagen vor, den Fuß und ebenso das obere Sprunggelenk in zwei Ebenen zu röntgen [Holzach et al. 1983]. Diese unterschiedlichen Empfehlungen haben zur Folge, dass auch in derselben Klinik unterschiedliche radiologische Vorgehensweisen durchgeführt werden (s. retrospektive und prospektive Studie). Es sollte aber berücksichtigt werden, dass ohne Röntgenaufnahme des oberen Sprunggelenkes inklusive der Basis des fünften Mittelfußknochens eine Fraktur übersehen werden kann [Pao et al. 2000].

Der häufigste radiologische Befund beider Studien war eine nicht dislozierte, extraartikuläre Metatarsale-V-Basisfraktur. In der retrospektiven Studie war die Fraktur in 62 % nicht disloziert und extraartikulär und in der prospektiven Studie in 75 %. In der retrospektiven Studie waren mehr Frakturen disloziert oder intraartikulär und in 19 % der Fälle wurde die Fraktur operiert. Die prospektive Studie schloss nur Patienten ein, deren Fraktur konservativ behandelt werden konnte (geschlossener und gespaltener Sprunggelenksverband, Ankle-Splint). In der Literatur ist selten eine genaue Aufteilung der radiologischen Befunde zu finden. Am häufigsten zeigte sich auch die nicht dislozierte, extraartikuläre Fraktur (46 % Gösele et al. 1997, 23 % Linder et al. 1986). Mehrfragmentäre- und Jonesfrakturen waren häufiger als in der retrospektiven Studie.

In der retrospektiven Studie wurden in vielen Fällen mehrere Orthesen kombiniert. Häufig wurde der geschlossene Sprunggelenksverband oder der Geisha-Schuh verwendet. Dies macht deutlich, dass ein einheitliches Therapiekonzept fehlt. In der Literatur wird der Vorteil der Verwendung von leichteren Materialien als Gips häufig aufgezeigt [Linder et al. 1986, Clapper et al. 1995, Gösele et al. 1997, Cohen und Shaw 2001, Hatch et al. 2007, Beck und Mittlmeier 2008]. Durch limitierte Mobilität werden

Muskelatrophie und das Thromboserisiko minimiert und die knöcherne Konsolidierung kann in 4 bis 8 Wochen erreicht werden.

Clapper et al. (1995) erreichten mit einem *hard-soled shoe* sowie mit Softcast eine Heilung der Fraktur in 4 Wochen. Hatch et al. (2007) und Van Aaken et al. (2007) verwendeten jeweils einen elastischen Verband und die Fraktur war nach 8 bzw. 7 Wochen knöchern konsolidiert. In der retrospektiven Studie war die durchschnittliche knöcherne Konsolidierung nach 8,4 Wochen, in der prospektiven Studie nach 6,2 Wochen erreicht. Wenn man nur die konservativ behandelten Patienten der retrospektiven Studie beachtet, ist die Zeit bis zur Konsolidierung mit 8,1 Wochen länger als in der prospektiven Studie und in der Literatur. Ein möglicher Nachteil der Therapie der retrospektiven Studie könnte der Geisha-Schuh sein. Dieser gewährleistet keine komplette Ruhigstellung der Metatarsale-V-Basis.

Im statistischen Vergleich der Wochen bis zur knöchernen Konsolidierung der vier am häufigsten angewandten konservativen Therapien der retrospektiven Studie (SG-Verband geschlossen und gespalten, Geisha-Schuh und Ankle-Splint) zeigte sich keine Signifikanz.

Die durchschnittliche Zeit bis zur Vollbelastung des verletzten Fußes variiert stark. In der retrospektiven Studie betrug sie 7,5 Wochen und in der prospektiven 1,7 Wochen. Linder et al. (1986) geben vier Wochen an und Gösele et al. (1997) 1,3 Wochen. Diese große Spannbreite kann durch mehrere Faktoren verursacht werden. Die Patienten der retrospektiven Studie erhielten zum Teil eine operative Therapie, nach welcher die Entlastungsphase länger als bei konservativer Therapie ist (Dauer bis zur Vollbelastung nach Operation: elf Wochen, Dauer bis zur Vollbelastung bei konservativer Therapie: 6,3 Wochen). Außerdem nahmen die Patienten der retrospektiven Studie weniger Schmerzmittel ein (s.u.) und haben möglicherweise deshalb den verletzten Fuß später belastet. Die Patienten der Gruppen 1 und 3 der prospektiven Studie erhielten frühfunktionelle Physiotherapie und Lymphdrainage drei Mal pro Woche von Beginn an. Sie haben den betroffenen Fuß von Anfang an belastet und trainiert. Eine frühe Vollbelastung wurde in der prospektiven Studie forciert.

Die durchschnittliche Dauer der Arbeitsunfähigkeit der Patienten ist in den Studien der Literatur kürzer. Im Vergleich zu 3,5 Wochen [Linder et al. 1986] und drei Wochen [Gösele et al. 1997, Egol et al. 2007] beträgt diese in der retrospektiven Studie 9,9 Wochen. Ursächlich kann die längere Zeit bis zur Vollbelastung und zur knöchernen Heilung sein. Aber es spielen auch der ausgeübte Beruf und die Einstellung von Patienten und behandelndem Arzt eine Rolle.

Die Patienten der retrospektiven Studie nahmen weniger therapeutische Maßnahmen wie Schmerzmittel und Gehhilfen in Anspruch (Gehstützen 53 %, Schmerzmittel 14 %) als die Patienten der prospektiven Studie (Gehstützen 72 %, Schmerzmittel 39 %). Man würde vermuten, dass nach der z.T. operativen Therapie der retrospektiven Studie mehr Schmerzmittel nötig wären. Aber diese wurden eher durch die Patienten der prospektiven Studie beansprucht, die ihren Fuß früher belasteten. Gegebenenfalls lässt sich der angenommene Unterschied durch eine Dokumentationslücke der Akten erklären. Vergleichende Angaben sind in der Literatur nicht aufgeführt.

Beide Studien bestätigen die Aussagen der Literatur im Hinblick auf das indirekte Trauma als Ätiologie der Metatarsale-V-Basisfraktur. Auch bestätigen sich die Leitsymptome wie Druckschmerz, Schwellung und Hämatom des betroffenen Fußes. Uneinigkeit ist bei der Durchführung der radiologischen Diagnostik und bei der konservativen Therapie offensichtlich.

Es lässt sich zusammenfassen, dass die Therapieoption der prospektiven Studie mehr Vorteile (frühere knöchernen Konsolidierung, frühere Vollbelastung, kürzere Dauer der Arbeitsunfähigkeit) aufzeigt als die der retrospektiven Studie. Auch wenn man nur die Daten der konservativ behandelten Patienten der retrospektiven Studie betrachtet, ist die Zeit bis zur knöchernen Konsolidierung ca. zwei Wochen länger. Bei den Patienten der prospektiven Studie kommt es zu einer früheren Frakturheilung. Die Vollbelastung wird durchschnittlich 6 Wochen früher erreicht. Ein Nachteil der Therapie der retrospektiven Studie könnte der Geisha-Schuh sein, bei welchem es nicht zur Ausschaltung der Supinationskette kommt. Ein anderer Unterschied der beiden Studien ist die

frühfunktionelle Physiotherapie, die zwei Gruppen der prospektiven Studie zu früherer Konsolidierung verholfen hat (s.u.).

Auch die konservativen Therapiekonzepte der Literatur zeigen eine kürzere Zeit der knöchernen Konsolidierung als die Therapie der retrospektiven Studie. Außerdem ist die Dauer der Arbeitsunfähigkeit kürzer; z.B. bei der Therapie mit dem *hard-soled shoe*/ Softcast [Clapper et al. 1995] und dem Strappingverband [Linder et al. 1986]. Der *hard-soled shoe* ist dem Geisha-Schuh ähnlich. Es könnte sein, dass er die Metatarsale-V-Basis stabilisiert, da bessere Therapieergebnisse als mit dem Geisha-Schuh erreicht werden. Inwiefern Supination und Pronation eingeschränkt werden, ist unklar.

Der Stabilschuh erwies sich als teurer und aufwendiger [Gösele et al. 1997] und mit Hilfe des elastischen Verbandes heilte die Fraktur erst nach acht Wochen [Hatch et al. 2007].

5.2 Prospektive Studie

Von den drei konservativen Therapiekonzepten der prospektiven Studie weist der Ankle-Splint mit frühfunktioneller Physiotherapie (Gruppe 3) eindeutig die besten Ergebnisse auf. Die knöcherne Konsolidierung war nach vier Wochen erreicht. In Gruppe 1 (gespaltener Sprunggelenksverband und frühfunktionelle Physiotherapie) ist die Heilung nach sieben Wochen abgeschlossen und in Gruppe 2 (geschlossener Sprunggelenksverband mit konventioneller Physiotherapie nach sechs Wochen) nach 7,7 Wochen.

Im Vergleich der Wochen bis zur knöchernen Konsolidierung zeigte sich ggf. aufgrund der kleinen Gruppengröße keine statistische Signifikanz. Im Alltag und für den einzelnen Patienten ist jedoch die durchschnittlich drei bis vier Wochen früher abgeschlossene Therapie mit dem Ankle-Splint wie in Gruppe 3 relevant.

In Gruppe 2 findet die Erstbehandlung durchschnittlich nach 0,3 Tagen statt (Gruppe 1: 4,5 Tage, Gruppe 3: 1,5 Tage). Das Durchschnittsalter ist mit 34 Jahren etwas höher (Gruppe 1: 28 Jahre, Gruppe 3: 27 Jahre). Die Dauer bis zur Vollbelastung ist mit 2,3 Wochen trotz kürzester Zeit bis zur Erstversorgung etwas länger als in Gruppe 3 mit zwei Wochen und in Gruppe 1 mit einer Woche.

Die radiologischen Befunde der 3 Gruppen sind vergleichbar. Die beiden intraartikulären Frakturen und eine mehrfragmentäre Fraktur verteilen sich gleichmäßig auf die drei Gruppen.

Weitere therapeutische Maßnahmen wie Gehhilfen wurden von der Mehrzahl der Patienten aller drei Gruppen genutzt (Gruppe 1: 60 %, Gruppe 2: 80 %, Gruppe 3: 75 %). Von Gruppe 3 wurden die Gehhilfen und auch Schmerzmittel kürzer benötigt als von Gruppe 1 und 2 (Gruppe 3 im Durchschnitt 6,5 Tage, Gruppe 1: 9,5 Tage, Gruppe 2: neun Tage). Dieser Unterschied ist nicht statistisch signifikant.

Der hauptsächliche Unterschied zwischen Gruppe 1 und 2 ist die frühfunktionelle Physiotherapie, die wahrscheinlich zu einer früheren Heilung der Fraktur führte. Dieser Unterschied kann im Rahmen von 3 Wochen mit dem Ankle-Splint gezeigt werden. Im Vergleich mit den Daten der Literatur ist Gruppe 3 gleichzusetzen mit den besten Ergebnissen (*hard-soled shoe/* Softcast [Clapper et al. 1995], Strappingverband [Linder et al. 1986]), die auch eine knöcherne Konsolidierung in vier bis sechs Wochen erreichen.

Der Vorteil des Ankle-Splints gegenüber dem Sprunggelenksverband ist die Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes. Dorsalextension und Plantarflexion sind möglich, verringern das Thromboserisiko und verbessern die Funktion. Mit dem Sprunggelenksverband werden das obere und untere Sprunggelenk ruhiggestellt und auch in Kombination mit frühfunktioneller Physiotherapie wie in Gruppe 1 können weniger gute Ergebnisse erreicht werden als mit dem Ankle-Splint und frühfunktioneller Physiotherapie. Ein zusätzlicher Vorteil ist der kürzere Gebrauch von Schmerzmitteln und Gehhilfen.

6. Zusammenfassung

Wir führten die retrospektive und die prospektive Studie durch, weil für die konservative Therapie der Metatarsale-V-Basisfraktur kein einheitliches Therapiekonzept bestand. Die retrospektive Studie zeigt die Therapie und den Heilungsverlauf der Metatarsale-V-Basisfraktur der Universitätsmedizin Göttingen von 1996 bis 2005 und die prospektive Studie vergleicht drei konservative Therapiekonzepte (gespaltener Sprunggelenksverband und frühfunktionelle Physiotherapie, geschlossener Sprunggelenksverband mit konventioneller Physiotherapie nach sechs Wochen und Ankle-Splint und frühfunktionelle Physiotherapie).

In der vergleichenden Auswertung ist vor allem im Hinblick auf die knöcherne Konsolidierung offensichtlich, dass der Ankle-Splint mit frühfunktioneller Physiotherapie (Gruppe 3 der prospektiven Studie) das beste Therapiekonzept darstellt. Die Patienten der retrospektiven Studie, häufig mit dem Geisha-Schuh behandelt, hatten einen längeren Heilungsverlauf (8,4 Wochen; Ankle-Splint vier Wochen). Auch die anderen beiden Gruppen der prospektiven Studie (Sprunggelenksverband mit/ohne frühfunktionelle Physiotherapie) weisen weniger gute Ergebnisse auf als der Ankle-Splint (knöcherne Konsolidierung in sieben und 7,7 Wochen). Vergleichbare Daten finden sich nur in der Literatur (Softcast von Clapper et al. 1995, Strappingverband von Linder et al. 1986, Konsolidierung in vier bis sechs Wochen). Ankle-Splint, Softcast und Strappingverband machen deutlich, dass leichte Materialien eine frühe knöcherne Heilung fördern. Die Beweglichkeit ist mit diesen nicht zu stark eingeschränkt, denn eine zu lange Entlastungszeit zieht eine mangelhaftere Funktion nach sich [Vorlat et al. 2006]. Deshalb sollte zu einem guten Therapiekonzept wie beim Ankle-Splint die frühfunktionelle Physiotherapie gehören. Zu viel Beweglichkeit, welche wahrscheinlich bei der Therapie mit dem Geisha-Schuh problematisch war, kann die knöcherne Konsolidierung allerdings verzögern.

Aufgefallen ist die uneinheitliche radiologische Diagnostik der retrospektiven sowie der prospektiven Studie. Nach Empfehlungen der Literatur sollte der Fuß und das obere Sprunggelenk inklusive der Metatarsale-V-Basis geröntgt werden [Pao et al. 2000].

Abschließend lässt sich sagen, dass durch die Durchführung der Studien und den Vergleich mit den Angaben der Literatur das Prinzip eines guten Therapiekonzeptes deutlich geworden ist. Limitierte Mobilität von Beginn an und Stabilisierung der Fraktur durch leichte Materialien können in vier Wochen zu einer knöchernen Heilung der Metatarsale-V-Basisfraktur und damit zur frühen Vollbelastung führen.

7. Literaturverzeichnis

1. Anderson LD (1977): Injuries of the forefoot, Clin Orthop 122, 18-27
2. Bauer G, Zenkl M, Schierle M, Rosenbaum D, Mutschler W, Claes L (1993): Störung der Gangfunktion nach Metatarsale-5-Basisfraktur, Unfallchirurg 96, 483-487
3. Beck M, Mittlmeier T (2008): Metatarsale Frakturen, Unfallchirurg 111, 829-840
4. Boack DH (2004): Fractures of the midfoot, Ther Umsch 61, 467-474
5. Buddecke DE, Polk MA, Barp EA (2010): Metatarsal fractures, Clin Podiatr Med Surg 27, 601-624
6. Chuckpaiwong B, Queen RM, Easley ME, Nunley JA (2008): Distinguishing Jones and Proximal Diaphyseal Fractures of the Fifth Metatarsal, Clin Orthop 466, 1966-1970
7. Clapper MF, O'Brien TJ, Lyons PM (1995): Fractures of the Fifth Metatarsal. Analysis of a Fracture Registry, Clin Orthop 315, 238-241
8. Cohen AP, Shaw DL (2001): Focused rigidity casting: A prospective randomised study, J R Coll Surg Edinb 46, 265-270
9. Dameron TB Jr. (1975): Fractures and anatomical variations of the proximal portion of the fifth metatarsal, J Bone Joint Surg Am 57, 788-792
10. Dameron TB Jr. (1995): Fractures of the proximal fifth metatarsal: Selecting the best treatment option, J Am Acad Orthop Surg 3, 110-114
11. Dayan PS, Vitale M, Langsam DJ, Ruzal-Shapiro C, Novick MK, Kuppermann N, Miller SZ (2004): Derivation of clinical prediction rules to identify children with fractures after twisting injuries of the ankle, Acad Emerg Med 11, 736-743
12. Dunlop MG, Beattie TF, White GK, Raab GM, Doull RI (1986): Guidelines for selective radiological assessment of inversion ankle injuries, Br Med J 293, 603-605
13. Egol K, Walsh M, Rosenblatt K, Capla E, Koval KJ (2007): Avulsion fractures of the fifth metatarsal base: a prospective outcome study, Foot Ankle Int 28, 581-583
14. Fetzer GB, Wright RW (2006): Metatarsal Shaft Fractures and Fractures of the Proximal Fifth Metatarsal, Clin Sports Med 25, 139-150
15. Gösele A, Schulenburg J, Ochsner PE (1997): Frühfunktionelle Behandlung der Metatarsale-V-Basisfraktur mit Stabilschuh, Swiss Surg 3, 81-84

16. Gould N, Trevino S (1981): Sural Nerve Entrapment by Avulsion Fracture of the Base of the Fifth Metatarsal Bone, *Foot Ankle* 2, 153-155
17. Gray AC, Rooney BP, Ingram R (2008): A prospective comparison of two treatment options for tuberosity fractures of the proximal fifth metatarsal, *Foot* 18, 156-158
18. Hansis M, Meeder PJ, Weller S (1986): Treatment tactics in fractures of the midfoot, *Aktuelle Traumatol* 16, 190-195
19. Hatch RL, Alsobrook JA, Clugston JR (2007): Diagnosis and Management of Metatarsal Fractures, *AFP* 76, 817-826
20. Herrera-Soto JA, Scherb M, Duffy MF, Albright JC (2007): Fractures of the fifth metatarsal in children and adolescents, *J Pediatr Orthop* 27, 427-431
21. Holubec KD, Karlin JM, Scurran BL (1993): Retrospective Study of Fifth Metatarsal Fractures, *J Am Podiatr Med Assoc* 83, 215-222
22. Holzach P, Staubli A, Gerber B (1983): Die Behandlung der Basisfraktur des Os metatarsale V, *Helv chir Acta*. 50, 69-72
23. Husain ZS, DeFronzo DJ (2000): Relative stability of tension band versus two-cortex screw fixation for treating fifth metatarsal base avulsion fractures, *J Foot Ankle Surg* 39, 89-95
24. Jones R (1902): Fractures of the base of the fifth metatarsal bone by indirect violence, *Ann Surg* 35, 697-700
25. Kose O (2009): Os vesalianum pedis misdiagnosed as fifth metatarsal avulsion fracture, *Emerg Med Australas* 21, 426
26. Landorf KB (1999): Clarifying Proximal Diaphyseal Fifth Metatarsal Fractures, The Acute Fracture versus the Stress Fracture, *J Am Podiatr Med Assoc* 89, 389-404
27. Lawrence SJ, Botte MJ (1993): Jones' fractures and related fractures of the proximal fifth metatarsal, *Foot Ankle* 14, 358-365
28. Lehmann RC, Torg JS, Pavlov H, DeLee JC (1987): Fractures of the Base of the Fifth Metatarsal Distal to the Tuberosity: A Review, *Foot Ankle* 7, 245-252
29. Linder P, Heim D, Braun R, Holzach P (1986): Metatarsale V Basisfraktur, Einteilung und Therapie mit Strapping-Verband, *Z Unfallchir Vers med Berufskr* 79, 257-260
30. Lui TH (2008): Endoscopic bone grafting for management of nonunion of the tuberosity avulsion Fracture of the fifth metatarsal, *Arch Orthop Trauma Surg* 128, 1305-1307
31. Nunley JA (2001): Fractures of the Base of the Fifth Metatarsal, the Jones Fracture, *Orthop Clin North Am* 32, 171-180

32. Pao DG, Keats TE, Dussault RG (2000): Avulsion Fracture of the Base of the Fifth Metatarsal Not Seen on Conventional Radiography of the Foot: The Need for an Additional Projektion, *AJR Am J Roentgenol* 175, 549-552
33. Pendarvis JA, Mandracchia VJ, Haverstock BD, Granquist JC (1999): A new fixation technique for metatarsal fractures, *Clin Podiatr Med Surg* 16, 643-657
34. Polzer H, Polzer S, Mutschler W, Prall WC (2012): Acute fractures to the proximal fifth metatarsal bone: Development of classification and treatment recommendations based on the current evidence, *Injury* 43, 1626-1632
35. Quill GE (1995): Fractures of the proximal fifth metatarsal, *Orthop Clin North Am* 26, 353-361
36. Ralph BG, Barrett J, Kenyhercz C, DiDomenico LA (1999): Iselin's disease: a case presentation of nonunion and review of the differential diagnosis, *J Foot Ankle Surg* 38, 409-416
37. Rammelt S, Heineck J, Zwipp H (2004): Metatarsal fractures, *Injury* 35, 77-86
38. Rettig AC, Shelbourne D, Wilckens J (1992): The surgical treatment of symptomatic nonunions of the proximal (metaphyseal) fifth metatarsal in athletes, *Am J Sports Med* 20, 50-54
39. Richli WR, Rosenthal DI (1984): Avulsion Fracture of the Fifth Metatarsal: Experimental Study of Pathomechanics, *AJR Am J Roentgenol* 143, 889-891
40. Richter M, Zech S, Geerling J, Krettek C (2004): Metatarsalefrakturen, *Akt Traumatol* 34, 36-44
41. Ritchie JD, Shaver JC, Anderson RB, Lawrence SJ, Mair SD (2011): Excision of symptomatic nonunions of proximal fifth metatarsal avulsion fractures in elite athletes, *Am J Sports Med* 39, 2466-2469
42. Rosenberg GA, Sferra JJ (2000): Treatment strategies for acute fractures and nonunions of the proximal fifth Metatarsal, *J Am Acad Orthop Surg* 8, 332-338
43. Schenck RC, Heckman JD (1995): Fractures and Dislocations of the Forefoot: Operative and Nonoperative Treatment, *J Am Acad Orthop Surg* 3, 70-78
44. Schiebler TH, Schmidt W, Zilles K: Anatomie, Zytologie, Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie des Menschen, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 1997
45. Schleikis A: Gips und synthetischer Stützverband, Herkömmliche Fixation und funktionelle Stabilisation, Steinkopff Verlag, Darmstadt 2000
46. Shah SN, Knoblich GO, Lindsey DP, Kreshak J, Yerby SA, Chou LB (2001): Intramedullary Screw Fixation of Proximal Fifth Metatarsal Fractures: A Biomechanical Study, *Foot Ankle Int* 22, 581-584

47. Shereff MJ, Yang QM, Kummer FJ, Frey CC, Greenidge N (1991): Vascular Anatomy of the Fifth Metatarsal, *Foot Ankle* 11, 350-353
48. Smith JW, Arnoczky SP, Hersh A (1992): The intraosseous blood supply of the fifth metatarsal: implications for proximal fracture healing, *Foot Ankle* 13, 143-152
49. Stiell IG, Greenberg GH, McKnight RD, Nair AC, McDowell I, Reardon M, Steward JP, Maloney J (1993): Decision rules for the use of radiography in acute ankle injuries. Refinement and prospective validation, *JAMA* 269, 1127-1132
50. Stone MM (1968): Avulsion Fracture of Base of Fifth Metatarsal, *Am J Orthop Surg* 10, 190-193
51. Strayer SM, Reece SG, Petrizzi MJ (1999): Fractures of the Proximal Fifth Metatarsal, *AFP* 59, 2516-2522
52. Theodorou DJ, Theodorou SJ, Kakitsubata Y, Botte MJ, Resnick D (2003): Fractures of Proximal Portion of Fifth Metatarsal Bone: Evidence of a Pathogenesis of Avulsion of the Plantar Aponeurosis and the Short Peroneal Muscle Tendon, *Radiology* 226, 857-865
53. Tittel K, Schmidt P (1984): Die Fraktur der Basis des Metatarsale V- Konservative oder operative Behandlung? *Unfallchirurgie* 10, 207-210
54. Torg JS, Balduini FC, Zelko RR, Pavlov H, Peff TC, Das M (1984): Fractures of the Base of the Fifth Metatarsal Distal to the Tuberosity, *J Bone Joint Surg Am* 66A, 209-214
55. Van Aaken J, Berli MC, Noger M, Gambirasio R, Fritschy D (2007): Traitement symptomatique des fractures non deplacees de la base du cinquieme metatars: etude prospective, *Revue medicale Suisse* 3, 1792-1794
56. Vorlat P, Achtergael W, Haentjens P (2006): Predictors of outcome of non-displaced fractures of the base of the fifth metatarsal, *Int Orthop* 31, 5-10
57. Weinberg AM, Rzesacz EH, Illgner A, Reilmann H (1993): Die basisnahe Metatarsale-V-Fraktur: Konservative funktionelle Behandlung, *Unfallchirurg* 96, 365-368
58. Wiener BD, Linder JF, Giattini JFG (1997): Treatment of Fractures of the Fifth Metatarsal: A Prospective Study, *Foot Ankle Int* 18, 267-269

59. Zenios M, Kim WY, Sampath J, Muddu BN (2005): Functional treatment of acute metatarsal fractures: a prospective randomised comparison of management in a cast versus elasticated support bandage, *Injury* 36, 832-835
60. Zogby RG, Baker BE (1987): A review of nonoperative treatment of Jones' fracture, *Am J Sports Med* 15, 304-307
61. Zwitter EW, Breederveld RS (2010): Fractures of the fifth metatarsal; diagnosis and treatment, *Injury* 41, 555-562

8. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1, S. 8: Anatomie und regionale Strukturen des fünften Mittelfußknochens

Abbildung 2 und 3, S. 11: Klassifikation nach Holzach

Abbildung 4, S. 14: Röntgenbild Metatarsale-V-Basisfraktur

Abbildung 5, S. 18: *Focused rigidity casting*

Abbildung 6, S. 20: Auswertungsbogen retrospektive Studie

Abbildung 7 und 9, S. 25, 26: Sprunggelenksverband; „Geishaverband“

Abbildung 8, S. 25: Ankle-Splint

Abbildung 10, S. 31: Knöcherner Konsolidierung, statistische Auswertung

Abbildung 11, S. 33: Dauer der Arbeitsunfähigkeit, statistische Auswertung

Abbildung 12, S. 39: Knöcherner Konsolidierung Gruppe 1-3, statistische Auswertung

Abbildung 13, S. 40: Tage Benutzung Gehhilfen Gruppe 1-3, statistische Auswertung

Abbildung 14-19, S. 41-43: Radiologische Verläufe