

**Aus den Kliniken des Main - Taunus - Kreises GmbH  
Lehrkrankenhaus der Johann Wolfgang Goethe - Universität  
Frankfurt am Main  
Chirurgische Klinik II - Unfallchirurgie  
Hofheim / Taunus  
(Chefarzt: Privat Dozent Dr. med. J. Mockwitz)**

**Konservative oder operative Therapie  
bei lateralen Kapselbandrupturen  
am oberen Sprunggelenk  
beim Leistungssportler?**

Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
des Fachbereiches Medizin  
der Johann Wolfgang Goethe - Universität  
Frankfurt am Main

vorgelegt von  
Jürgen Grasmück  
aus Offenbach

Frankfurt am Main 2001

Dekan: Prof. Dr. J. Pfeilschifter  
Referent: Prof. Doz. Dr. J. Mockwitz  
1. Korreferent: Prof. Dr. T. Vogl  
2. Korreferent: Priv. Doz. Dr. S. Rose

Tag der mündlichen Prüfung: 1. August 2003

Gewidmet meinen Söhnen

**David Markus**

und

**Jonas Martin**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINFÜHRUNG .....</b>	<b>4</b>
1.1 Problemstellung .....	4
1.2 Epidemiologie .....	4
<b>2. GRUNDLAGEN.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Anatomie des oberen Sprunggelenks .....</b>	<b>8</b>
2.1.1 Deskriptive Anatomie .....	8
2.1.2 Funktionelle Anatomie und Biomechanik.....	10
2.1.3 Muskeln des oberen Sprunggelenks .....	12
2.1.4 Schlüsselrolle des Talus.....	13
2.1.5 Stabilität des oberen Sprunggelenkes .....	14
<b>2.2 Pathophysiologie des Umknicktraumas.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Risikofaktoren für laterale Kapselbandverletzungen.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Behandlungskonzepte von lateralen Kapselbandverletzungen .....</b>	<b>17</b>
2.4.1 Diagnostik.....	18
2.4.2 Bisherige Therapieergebnisse .....	21
2.4.3 Bandheilung.....	22
2.4.4 Therapieformen .....	22
<b>2.5 Rehabilitation nach Außenbandverletzungen am oberen Sprunggelenk.....</b>	<b>25</b>
2.5.1 Isokinetische Trainingstherapie .....	25
2.5.2 Physikalische Therapie, Krankengymnastik und Medizinische Rehabilitation.....	26
2.5.3 Orthesen.....	29
<b>3. ZIELSTELLUNG UND HYPOTHESENBILDUNG .....</b>	<b>31</b>
3.1 Ziel der Studie .....	31
3.2 Hypothesenbildung .....	31
<b>4. MATERIAL UND METHODIK.....</b>	<b>32</b>
4.1 Auswahl der Sportler.....	32
4.2 Definition der zu testenden Gruppen.....	32
4.3 Ein- und Ausschlußkriterien .....	32
4.4 Untersuchungsablauf, Diagnostik.....	33
<b>4.5 Die Technik der lateralen Kapselbandnaht .....</b>	<b>34</b>
4.5.1 Die Anästhesie .....	34
4.5.2 Die Operation.....	34
4.6 Die äußeren Stabilisierungshilfen.....	35
4.7 Nachbehandlungsschema .....	36

<b>4.8 Nachuntersuchungen</b> .....	<b>37</b>
<b>4.9 Score</b> .....	<b>38</b>
<b>4.10 Die statistische Auswertung</b> .....	<b>38</b>
4.10.1 Testgütekriterien .....	38
<b>5. ERGEBNISDARSTELLUNG</b> .....	<b>40</b>
<b>5.1 Darstellung des Untersuchungskollektivs</b> .....	<b>40</b>
<b>5.2 Darstellung der Ergebnisse der Eingangsuntersuchung</b> .....	<b>41</b>
5.2.1 Anamnese .....	41
5.2.2 Klinische Untersuchung .....	41
5.2.3 Radiologische Voruntersuchung .....	43
5.2.4 Ausgangsscore .....	44
5.2.5 Operationsbefund .....	44
<b>5.3 Ergebnisse der ersten Nachuntersuchung nach 6 Wochen</b> .....	<b>44</b>
5.3.1 Klinische Untersuchung .....	44
5.3.2 Subjektive Beurteilung .....	46
5.3.3 Isokinetischer Test 1 .....	48
5.3.4 Balancetest 1 .....	49
5.3.5 Zusammenfassung der Befunde .....	51
<b>5.4 Ergebnisse der zweiten Nachuntersuchung nach 12 Wochen</b> .....	<b>51</b>
5.4.1 Klinische Untersuchung .....	51
5.4.2 Subjektive Beurteilung .....	53
5.4.3 Radiologische Untersuchung 1 .....	54
5.4.5 Score 1 nach 12 Wochen .....	56
5.4.4 Zusammenfassung der Befunde .....	56
<b>5.5 Ergebnisse der dritten Nachuntersuchung nach 6 Monaten</b> .....	<b>56</b>
5.5.1 Klinische Untersuchung .....	56
5.5.2 Subjektive Beurteilung .....	58
5.5.3 Isokinetischer Test 2 .....	59
5.5.4 Balancetest 2 .....	61
5.5.5 Sprungkrafttest 1 .....	63
5.5.6 Zusammenfassung der Befunde .....	63
<b>5.6 Ergebnisse der vierten Nachuntersuchung nach 12 Monaten</b> .....	<b>64</b>
5.6.1 Klinische Untersuchung .....	64
5.6.2 Subjektive Beurteilung .....	65
5.6.3 Radiologische Untersuchung 2 .....	66
5.6.4 Score 2 nach 12 Monaten .....	69
5.6.5 Sprungkrafttest 2 .....	69
5.6.6 Zusammenfassung der Befunde .....	70
<b>6. DISKUSSION</b> .....	<b>72</b>
<b>6.1 Zur funktionellen Therapie</b> .....	<b>72</b>
<b>6.2 Diskussion der Ergebnisse</b> .....	<b>74</b>
<b>7 SCHLUßFOLGERUNG</b> .....	<b>88</b>

<b>8 ANHANG .....</b>	<b>92</b>
<b>8.1 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>92</b>
<b>8.2 Informationsblatt .....</b>	<b>98</b>
<b>8.3 Untersuchungsbogen.....</b>	<b>103</b>
<b>8.4 Übungsprogramm .....</b>	<b>120</b>
<b>8.5 Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>122</b>
<b>8.5 Danksagung .....</b>	<b>123</b>
<b>8.6 Lebenslauf .....</b>	<b>124</b>
<b>8.7 Ehrenwörtliche Erklärung.....</b>	<b>126</b>

## 1. Einführung

### 1.1 Problemstellung

”Unter Distorsion versteht man eine Gelenkverletzung in Form von Dehnung und Zerreißung der Gelenkkapsel und der Bänder durch gewaltsame Steigerung der normalen, oder durch abnorme Bewegungen” (55).

Aufgrund der hohen Verletzungszahlen nimmt die Therapie von lateralen Kapselbandrupturen am oberen Sprunggelenk einen hohen volkswirtschaftlichen und epidemiologischen Stellenwert ein. Der raschen Rekonvaleszenz der Sportler kommt eine große Bedeutung zu, Leistungseinbußen sollten so gering wie möglich gehalten, Trainings- und Wettkampfbeginn so rasch wie möglich angestrebt werden, ohne jedoch langfristig eine Gefahr für die Stabilität des bandverletzten Sprunggelenkes einzugehen. Nicht nur aufgrund der volkswirtschaftlichen Komponente (38, 39, 112, 132) kommt einer insgesamt verkürzten und optimierten Behandlungsdauer mit früher Arbeits- und Sportfähigkeit bei gleichzeitig guter Prognose eine enorme Bedeutung zu.

Nachdem sich das Therapiekonzept in den letzten Jahren mehrfach verändert hat, gilt heute die frühfunktionell - konservative Therapie von lateralen Kapselbandverletzungen am oberen Sprunggelenk als gesicherte Therapie der Wahl (20, 38, 39, 53). Ein leistungssportgerechtes Konzept zur frühfunktionellen Nachbehandlung nach Operation oder nach Trauma stand bisher allerdings nicht zur Verfügung (38, 39, 64). Desweiteren sollte es eine Aufgabe sein, nicht nur therapeutisch, sondern im Rahmen von präventiven und rehabilitativen Maßnahmen neue Konzepte anzubieten und diese in bisher schulmedizinisch vertretene Schemata einzubauen bzw. diese abzulösen. Diese Arbeit evaluiert ein neues rehabilitatives und präventives Konzept zur Behandlung von lateralen Kapselbandrupturen am oberen Sprunggelenk nach frühfunktionellen Gesichtspunkten, um frühe Arbeits- und Sportfähigkeit zu gewährleisten.

### 1.2 Epidemiologie

Die Erfassung epidemiologischer Daten läßt sich in unterschiedliche Methoden gliedern:

In sogenannten „Klinikportalstudien“ werden die Sportunfälle auf der Basis von Arztberichten ausgewertet. Die Auswertung dieser Ergebnisse bietet nur eingeschränkte Repräsentativität.

In sogenannten „Versicherungsstudien“ bilden Unfallmeldebgen die Grundlage für die Analyse von Sportunfällen. Hier kann gewisse Repräsentativität unterstellt werden, wobei nicht gemeldete Unfälle der Versicherungsstatistik entgehen.

In sogenannten prospektiven oder retrospektiven „Kohortenstudien“ wird eine vorher festgelegte Stichprobe über einen gewissen Zeitraum beobachtet und es kommt zur Auswertung aller Verletzungen. Kohortenstudien sind demnach zur Klärung epidemiologischer Fragestellungen am besten geeignet.

Im folgenden wird eine Auswahl der wichtigsten Publikationen zur Epidemiologie der Sprunggelenkverletzung dargestellt:

#### **Klinikportalstudien:**

Verletzungen des lateralen Kapselbandapparates am oberen Sprunggelenk gehören nach Zwipp zu den häufigsten Verletzungen des Bewegungsapparates (132).

In den USA ereignen sich täglich 23000 Kapselbandverletzungen am oberen Sprunggelenk, in Großbritannien täglich 5000 (31).

Steinbrück (116) stellte 1987 in einem 15 - Jahres Rückblick fest, daß Kapselbandläsionen am oberen Sprunggelenk die häufigste Verletzungsform beim Sportler sind.

Garrick (32) beschreibt, daß zwischen 10 % und 18 % aller Verletzungen beim American Football das Sprunggelenk betreffen. Im Basketball zeigen sich für Frauen und Männer gleiche Häufigkeiten, für die Sprunggelenkverletzung liegt die Rate bei 13 %. In einer weiteren Untersuchung an 4 amerikanischen Hochschulen über eine Dauer von 2 Jahren findet Garrick eine 14 %ige Beteiligung der Sprunggelenkverletzung am Gesamtverletzungsbild. Die beiden Sportarten mit der höchsten Anfälligkeit waren Basketball und American Football.

Wegen seiner Anfälligkeit bei der Plantarflektion ist das Ligamentum fibulotalare anterius am stärksten und am häufigsten betroffen. Renstroem et al. (90) beschreiben in 2/3 aller Fälle isolierte Zerreißen des Ligamentum fibulotalare anterius, am zweithäufigsten die kombinierte Verletzung von Ligamentum fibulotalare anterius und Ligamentum fibulocalcanearum ( 20-25 % ), selten isolierte Läsionen des Ligamentum fibulocalcanearum oder des Ligamentum fibulotalare posterius.

Paar et al. (80) finden zu 85% Zerreißen des Ligamentum fibulotalare anterius und Ligamentum fibulocalcanearum und nur zu 13% isolierte Verletzungen des Ligamentum fibulotalare anterius.

Schmülling et al. (103) beschreiben zu 62,3% isolierte Ligamentum fibulotalare anterius Rupturen und zu 35,1% kombinierte Bandverletzungen.

Gezielte Untersuchungen zur Unfallanfälligkeit der Sprunggelenke wurden von Sommer und Steinbrück (113) für die Sportarten Volleyball, Basketball und Dreisprung durchgeführt. Volleyball ist trotz geringem Körperkontakt sehr verletzungsgefährlich. Gerade die Sprunggelenke waren ohne entsprechende Prophylaxe besonders gefährdet. Die Verletzungswahrscheinlichkeit ist dabei in der Netzreihe 3 mal höher, Läsionen ereigneten sich vor allem bei den typischen Manövern wie "Block" oder "Schmetter", bei Landungen auf einem Fuß, vielfach auf dem Fuß eines Mit- oder Gegenspielers. Bei Sprunghöhen von 35-80cm treten in der Landephase axiale Kräfte bis 2500 Newton unter dem Vorfuß und bis zu 6500 Newton unter der Ferse auf. Basketballer sind durch ihre Bewegungsabläufe mit abrupten Körpertäuschungen, schnellem Antritt, Dribblings und Hochsprüngen ebenso wie durch ihre meist schon besondere körperliche Disposition (Körpergröße und hypermobile bindegewebliche Konstitution) gefährdet. Bei Nationalspielern zeigten sich muskuläre Dysbalancen - vor allem eine Schwäche des M. peroneus brevis gegenüber dem M. tibialis posterior - was zu einer verstärkten Supinationshaltung in der Absprung- und Flugphase führte. In der Landephase kann es nach der initialen Supinationshaltung zu einem vermehrten Abtauchen des Mittelfußes als Folge des eingeschränkt reaktionsfähigen M. tibialis posterior kommen. Besonders in der Ermüdungsphase sind somit Supinationstraumata vorprogrammiert.

### **Versicherungsstudien:**

Nach einer Statistik der SUVA ( Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt ) von 1920 sind 38,7 % aller Verstauchungen insgesamt und 68,2 % aller Verstauchungen der unteren Extremität solche des Fußgelenks.

Weitere Zahlen zur Häufigkeit von Sprunggelenkverletzungen im Volleyball und im Fußball stammen von der ARAG Versicherung aus Studien in Zusammenarbeit mit dem Bundesinstitut für Sportwissenschaften, dem Technischen Überwachungsverein und der gesetzlichen Unfallversicherung.

Volleyball gehört nach diesen Untersuchungen mit 13 Unfällen pro 100 Sportlern im Jahr zu den risikoreicheren Sportarten. Dabei betreffen insgesamt 56 % aller Verletzungen das Sprunggelenk. Die meisten Verletzungen werden hier im Gegensatz zu den vorgenannten Studien im Trainingsablauf gefunden. Die Verletzungsrate im Wettkampf macht dabei insgesamt nur ca. 25 % aus.

Im Fußball kommt es beim Heranwachsenden im Alter zwischen 15 und 21 Jahren am häufigsten zu Verletzungen des Sprunggelenkes welches einen Anteil von 30-40% aller Sportverletzungen entspricht. Auffallend ist dabei der sprunghafte Anstieg dieser Verletzungen bei den 16 bis 18jährigen, wo es bei 4 von 5 Sprunggelenkverletzungen zu Bänderrissen oder Bänderzerrungen kommt. Eine Erklärung wird in starkem Längenwachstum bei gleichzeitig geringerer Zunahme der Muskulatur und daraus resultierenden koordinativen Problemen gesehen.

Die schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (SUVA) beschreibt im Jahr 1989 die Ballsportarten als am verletzungsträchtigsten, gefolgt von Verletzungen im Wintersport. Fußball steht insgesamt an der Spitze mit 43300 Unfällen in dieser Saison, gefolgt von anderen Mannschafts-Ballsportarten mit 10600 Unfällen. 65% dieser Unfälle betrafen die untere Extremität, vornehmlich Knie und oberes Sprunggelenk.

Der Landessportbund Nordrhein-Westfalen erfaßt ständig alle Unfallverletzungen statistisch mit Fragebogen. Aus einer Gesamtstatistik von Juli 1989 bis Dezember 1992 mit über 50000 Verletzungen geht hervor, daß sich 70 % aller Sportunfälle bei Ballsportarten ereignen, 49 % allein im Fußball, gefolgt von 15 % Handball, 6 % im Volleyball und 2 % im Basketball. In allen vier Sportarten gehören die Sprunggelenkverletzungen zu den häufigsten Verletzungen. Sie machen bis zu 60 % aller Verletzungen aus (60 % Volleyball, 31 % Handball, 34 % Fußball, 53 % Basketball). Insgesamt gesehen liegt die Verletzung des Sprunggelenks mit 25 % aller Verletzungen an der Spitze.

**Kohortenstudien:**

Zahlen aus den skandinavischen Ländern wurden 1994 von Bahr et al. (3) veröffentlicht: Sie errechneten für Volleyballspieler (n = 318) der 1. und 2. Liga während der Saison 1991/1992 in Norwegen eine Verletzungsquote für Sprunggelenkverletzungen von 0,9 für insgesamt 1000 Trainings- und Spielstunden, wobei das relative Risiko für Verletzungen im Spiel mit 3,9 mal signifikant höher war.

Von 2,5 - 2,9 Gesamtverletzungen pro 1000 Spielstunden berichten Colliander et al. (13), hiervon seien 52 % Verletzungen des oberen Sprunggelenks.

Klein et al. (58) befragten insgesamt 22 Mannschaften aus der 1. Basketball Bundesliga (n = 179) bezüglich Verletzungen am oberen Sprunggelenk und stellten fest, daß sich insgesamt 89,4 % aller Spieler im Laufe ihrer Karriere ein Supinationstrauma zugezogen hatten. Die Inzidenz bei Männern war dabei etwas höher als bei Frauen. Eine Rezidivverletzung, also ein erneutes Umknicken nach dem erstmaligen Umknicktrauma, wurde von immerhin 70 % angegeben, wobei funktionell konservativ und operativ immobilisierend behandelte Sportler eine geringere Rezidivgefahr besitzen (67 und 66 %), als konservativ immobilisierend Behandelte (82 %).

Ekstrand et al. (23) nannten die Verletzungsquote für Fußball von insgesamt 41 Teams während einer Saison zwischen 1,7 und 2,0 für 1000 Stunden Fußballtraining und -spiel.

Nielsen et al. (78) bezifferten die Gesamtverletzungsrate im dänischen Handball mit 4,6 für 1000 Trainings- und 11,4 für 1000 Spielstunden, wobei 33 % dieser Verletzungen Sprunggelenkdorsionen waren.

## 2. Grundlagen

### 2.1 Anatomie des oberen Sprunggelenks

#### 2.1.1 Deskriptive Anatomie

##### Das obere Sprunggelenk

(122) Das obere Sprunggelenk (*Articulatio talocruralis*) wird von den distalen Enden des Schienbeins (*Tibia*), Wadenbeins (*Fibula*) und der Gelenkrolle des Sprungbeins (*Trochlea tali*) gebildet. Dabei umfassen die unteren Enden von *Tibia* und *Fibula* das Sprungbein (*Talus*) mit den entsprechenden Gelenkflächen (*Facies malleolaris medialis* und *Facies malleolaris lateralis*) wie eine Klammer (=Sprunggelenkgabel). So entsteht ein Scharniergelenk mit großer Stabilität und Sicherheit. Die obere Gelenkfläche des *Talus* (*Facies superior*) ist sagittal konvex gestaltet, die mit ihr artikulierende Gelenkfläche des Schienbeins (*Facies articularis inferior tibiae*) ist dagegen reziprok, sagittal konkav gestaltet und weist einen First auf, der sich in die longitudinale Rinne der *Facies superior* der *Trochlea tali* einpaßt. Die mediale Gelenkfläche des Sprungbeins (*Facies malleolaris medialis*) ist fast plan gestaltet und artikuliert mit der malleolaren Gelenkfläche der *Tibia*. Die laterale Gelenkfläche des *Talus* (*Facies malleolaris lateralis*) dagegen ist lateral abgeschrägt und bikonkav, sie artikuliert mit der *Facies articularis malleoli fibularis*. *Tibia* und *Fibula* sind durch den Syndesmosenspalt, der von einer synovialen Falte ausgefüllt wird, voneinander getrennt. *Tibia* und *Fibula* werden neben der Zwischenknochenmembran (*Membrana interossea*) vor allem von einer kräftigen Bandstruktur, der *Syndesmosis tibiofibularis* elastisch federnd miteinander verbunden. Bei Dorsalextension klemmt sich die vorne wesentlich breitere *Talus*rolle in die Sprunggelenkgabel ein, die *Syndesmosis* wird dabei um ca. 2 mm gedehnt und es entsteht eine stoßgedämpfte Bremswirkung. So wird ein stabiler Gelenkschluß erzielt. Bei Plantarflexion gelangt der kleinere, hintere Querdurchmesser der *Trochlea tali* in die Sprunggelenkgabel, das Gelenk erhält dadurch mehr Spielraum und anstelle der knöchernen Führung tritt die Zuggurtung der Seitenbänder und der Muskulatur in Kraft.

##### Das untere Sprunggelenk

Das untere Sprunggelenk wird in ein vorderes unteres und hinteres unteres Sprunggelenk eingeteilt, die *Articulatio talocalcaneonavicularis* und *Articulatio subtalaris*. Diese Trennung der an sich funktionellen Einheit geschieht durch das im *Sinus tarsi* liegende *Ligamentum talocalcaneum interosseum*. Dadurch entstehen diese zwei anatomisch selbständigen Gelenke, die funktionell ein gemeinsames Gelenk bilden.

Das hintere Gelenk, besser der hintere Abschnitt wird vom hinteren, unteren Sprungbein (*Talus*) und vom größten und stärksten aller Fußwurzelknochen, dem Fersenbein (*Calcaneus*) gebildet. Die artikulierenden Gelenkflächen werden *Facies calcanea posterior* unter dem *Talus* und *Facies articularis talaris posterior* auf dem *Calcaneus* genannt.

Der vordere Abschnitt wird neben Sprung- und Fersenbein noch vom Kahnbein (*Os naviculare*) gebildet. Hier artikulieren die *Facies articularis calcanea anterior et media* des *Talus* als Gelenkkopf mit der entsprechenden Gelenkpfanne, des vorderen *Calcaneus*, hinzu kommt der wesentlich größere Gelenkanteil des proximalen *Os naviculare* (*Facies articularis naviculare*), der den *Talus*kopf zum großen Teil übergreift.

Das Sprungbein (Talus) ist an beiden Gelenken, einmal als Gelenkpfanne, einmal als Gelenkkopf beteiligt, die Bewegungen beider Teilgelenke laufen stets gleichzeitig ab.

### Die Bänder des oberen Sprunggelenkes

(54) Insgesamt wird das obere Sprunggelenk von Bandgruppen nach vorne, hinten, lateral und medial gesichert. Dabei bilden die lateralen und medialen Kollateralbänder die zwei Hauptgruppen, die vorderen und hinteren Bänder die zwei Nebengruppen.

Das laterale Bandsystem setzt sich aus insgesamt drei Ligamenten zusammen, davon inserieren zwei am Talus, eines am Calcaneus.

Das Ligamentum fibulotalare anterius zieht von der Vorderkante des Außenknöchels horizontal schräg nach vorne unten an den Talushals oberhalb des Sinus tarsi. Es ist in vielen Fällen zweigeteilt und hat eine durchschnittliche Länge von ca. 20 mm. Das Ligamentum fibulocalcaneare läuft von der caudalen Ansatzzone des Ligamentum fibulotalare anterius am ventralen Außenknöchel nach schräg unten hinten bis zur Außenseite des Calcaneus. Es besitzt die größte Variationsbreite der drei Außenbänder, kann sogar aus dem Ligamentum fibulotalare anterius heraus entspringen. Das Ligamentum fibulotalare posterius zieht horizontal vom dorsalen inneren Außenknöchel nach medial und leicht nach hinten zum Tuberculum laterale am Processus posterior tali.

Um eine genaue Diagnostik der Länge und Breite, der Ausmaße der Insertionszonen, der Orientierung und Entfernung der Insertionszonen zum Subtalargelenk und zur Fibulaspitze sowie der Winkelbestimmung der Bänder zur Fibulaachse waren Burks et al. bemüht (10). Nachdem zahlreiche Anatomiebücher und orthopädische Literatur große Unterschiede bezüglich der genauen Lage der Bänder und ihres Verlaufs aufweisen, haben Sie insgesamt 39 Leichenpräparate genauer untersucht. Im Durchschnitt findet sich für das Ligamentum fibulotalare anterius ein Ansatzpunkt 10 mm proximal der Fibulaspitze gelegen mit einer Ausdehnung der Insertion von 8 mm in proximal - distaler Richtung und 5,4 mm in medial lateraler Richtung. Der talare Ansatz befindet sich 18 mm proximal des Subtalargelenkes mit einer Ausdehnung von 8,7 mm in proximal distaler Richtung und 5,6 mm in medial lateraler Richtung. Das Band ist insgesamt durchschnittlich 7,2 mm breit und 24,8 mm lang wobei es oft zweigeteilt erscheint und dann in der Länge und Breite etwas vermindert zur Darstellung kommt.

Das Ligamentum fibulocalcaneare zeigt bei Rechtwinkelstellung des Fußes im Durchschnitt einen Winkel von 133 ° zur Fibula, eine Breite von 5,3 mm und eine Länge von 35,8 mm. Der fibulare Ansatz befindet sich 8,5 mm proximal der Fibulaspitze mit einer Ausdehnung von 8,2 mm proximal - distal und 6,2 mm medial - lateral, der calcaneare Ansatzpunkt befindet sich 13 mm distal des Subtalargelenkes mit einer Ausdehnung von 10 mm proximal - distal und 8,2 mm dorsal - plantar. Das Ligamentum fibulotalare posterius zeigt eine durchschnittliche Breite von 6 mm und eine Länge von 24,1 mm. Der Ansatzpunkt fibular befindet sich 9,7 mm proximal - dorsal der Fibulaspitze mit einer Ausdehnung von 10,1 mm in anterior - posteriorer Richtung und 6,9 mm in proximal - distaler Richtung.

Ebenfalls am lateralen Malleolus inseriert die Syndesmose, die aus zwei vorne und hinten gelegenen Anteilen, den Ligamenta tibiofibularia anterius und posterius besteht. Der vordere Anteil verläuft als kräftiges, glänzendes Band vom vorderen, distalen Fibulaende nach schräg medial oben. Der distale Rand des Bandes überragt dabei die Malleolengabel. Der hintere Anteil ist wesentlich kräftiger ausgebildet. Er setzt vom hinteren, distalen Fibulaende kommend breitbasig an der hinteren Tibia an.

Das mediale Kollateralband besteht aus zwei Schichten, einer tiefen und einer oberflächlichen. Die tiefe Bandschicht besteht aus den zwei Ligamenta tibiotalaria. Das vorne gelegene Ligamentum tibiotalare anterius läuft schräg nach unten vorne bis zur medialen Fläche des Talushalses. Das hinten gelegene Ligamentum tibiotalare posterius läuft entgegengesetzt dazu schräg nach hinten unten und ist nahe dem Processus posterior tali fixiert, einige Faserbündel des Bandes ziehen sogar direkt bis an das Tuberculum mediale des Processus posterior tali.

Das Ligamentum deltoideum bildet die oberflächliche breite und dreieckige Bandschicht. Es erstreckt sich vom Malleolus medialis ausgehend nach vorne bis zur Tuberositas ossis navicularis, zum medialen Rand des Ligamentum calcaneonaviculare plantare und zum Systentaculum tali des Calcaneus.

Das vordere Band verläuft vom vorderen distalen Tibiaende bis an den Talushals, das hintere Band von dem distalen hinteren Tibiaende bis ans Tuberculum mediale des Processus posterior tali.

Durch die in alle Richtungen verlaufenden Bänder ist das obere Sprunggelenk ligamentär verspannt, auffällig ist, daß sowohl medial als auch lateral auch Bandzüge vorhanden sind, die keine Verbindung zum Talus besitzen, medial das Ligamentum deltoideum, lateral das Ligamentum fibulocalcanear.

### **Die Bänder des unteren Sprunggelenkes**

Talus und Calcaneus sind durch kurze, kräftige Bänder miteinander verbunden. Das Ligamentum talocalcaneum interosseum ist dabei das kräftigste von allen, es teilt das untere Sprunggelenk in einen vorderen und hinteren Abschnitt. Das Band selbst besteht aus 2 Bündeln. Das vordere Bündel zieht vom Sulcus calcanei zum Dach des Sinus tarsi. Es setzt unmittelbar hinter der Kopffläche des Talus an. Das hintere Bündel ist vor der Articulatio subtalaris am Boden des Sinus tarsi befestigt. Die Fasern ziehen nach oben, hinten lateral ans Dach vor der hinteren Talusgelenkfläche.

Parallel zum Ligamentum fibulocalcanear verläuft vom Tuberculum laterale des Processus posterior tali ein Band, das Ligamentum talocalcanear laterale nach unten hinten schräg an die Calcaneusaußenseite. Das Ligamentum talocalcanear posterius, das dünnste der 3 Bänder, erstreckt sich zwischen Tuberculum mediale des Processus posterior tali und Tuber calcanei.

Die Bandverbindungen zum Os naviculare kommen vom Calcaneus (Ligamentum calcaneonaviculare plantare) und vom Talus (Ligamentum talonaviculare dorsale). Das zweigeteilte Ligamentum bifurcatum, dessen gemeinsamer Ursprung vom dorsalen distalen Calcaneus kommt, zieht mit dem medialen Faserbündel, dem Ligamentum calcaneonaviculare vertikal zum Rand des Os naviculare, während der laterale Teil zum Os cuboideum zieht.

### **2.1.2 Funktionelle Anatomie und Biomechanik**

Nach Seiler (108) ist das obere Sprunggelenk ein Scharniergelenk, dessen Drehachse quer durch die Trochlea tali verläuft. Er konnte den daraus entstehenden dorsoplantaren Bewegungsablauf empirisch-experimentell an Leichengelenken auch unter Einbeziehung des Bandapparates nachweisen.

Diese "singuläre, quere Rotationsachse" verbindet die Regionen beider Knöchelspitzen und ist dadurch nach dorsal, fibular und plantar geneigt. Sie steht somit fast senkrecht auf der lateralen Talusrollenfacette. Wenn zusätzlich die funktionell wirksamen Krümmungsradien der Talusrolle senkrecht zum ermittelten Achsenverlauf bestimmt werden, ergibt sich eine funktionelle Talusrollenform, die dem Ausschnitt aus einem Kegel mit größerer lateraler kreisförmiger und

kleineren medialer elliptischer Schnittfläche entspricht. Ist der Fuß fest aufgesetzt, kann der Unterschenkel nach hinten oder nach vorne geneigt werden.

So artikuliert bei der Plantarflexion der schmalere hintere Abschnitt der Talusrolle, die knöcherne Führung wird dadurch weniger fest und die ligamentäre Führung tritt in den Vordergrund. Zusätzlich berühren sich Unterkante des Ligamentum fibulotalare posterius und laterale Facette der Talusrolle bei weiträumiger Plantarflexion. Bei Dorsalextension des Fußes schiebt sich der breitere vordere Talusrollenteil in die federnd verbundene Malleolengabel und schiebt diese um 2-3 mm auseinander. Beendet wird die Streckbewegung, wenn die Talusrolle in der Malleolengabel federnd fixiert ist.

Das biphasige Achsenkonzept von Wirth (**128**) mit einem wandernden medialen Achsendurchtrittspunkt aufgrund zwei unterschiedlicher anatomischer Krümmungsradien der medialen Talusrollenfacette lehnt Seiler (**108**) ab. Für die zusätzliche Drehbewegung des Talus um eine vertikale Achse im dorsoplantaren Bewegungsablauf, die meist als Außenrotation des Talus gegenüber der Tibia in Dorsalextension beschrieben wird, ist ein biphasiges Achsenkonzept keine Grundvoraussetzung. Allein durch die beschriebene Schrägstellung der singulären Drehachse und den anatomischen Gegebenheiten ist ein solches Pseudorotationsverhalten des Talus zu erwarten.

Wirth (**128**) dagegen vertritt die Meinung, daß aufgrund zusätzlicher Rotationsbewegungen des Talus beim dorsoplantaren Bewegungsablauf das obere Sprunggelenk kein einfaches Scharniergelenk ist. Er beschreibt ebenfalls unterschiedliche Krümmungsradien von lateraler und medialer Talusrollenkante, wobei derjenige der lateralen Kante immer konstant ist, während die mediale Kante im ventralen Bereich eine stärkere Krümmung zeigt, als dorsal. Aus diesem Grund kommt es bei der Dorsalextension zu einer zusätzlichen Innenrotationsbewegung des Talus, bei der Plantarflexion zu einer zusätzlichen Außenrotationsbewegung des Talus. Die unterschiedlichen Krümmungen der medialen Talusrollenkante bedingen zwei unterschiedliche Krümmungsmittelpunkte im Gegensatz zu einem konstanten lateralen Krümmungsmittelpunkt. Die Talusquerachse sinkt so bei der Plantarflexion medial ab, richtet sich aber bei der Dorsalextension medial auf. Es ergibt sich keine parallel zur Gelenkfläche liegende Bewegungsachse, sondern eine schräg durch den Talus knapp unterhalb der Knöchelspitzen liegende Achsenlage. Der Innenknöchel bildet für die Talusrolle einen festen Anschlag, deswegen muß der Außenknöchel die Rotationsbewegung des Talus mitmachen, um eine straffe Führung der Talusrolle während der Flektionsbewegung im oberen Sprunggelenk zu gewährleisten. Seiler beschreibt diese straffe Verbindung zwischen der Fibula und dem oberen Sprunggelenk als "Fibulasyndesmosenkomplex". Für diesen gilt als wesentliches Funktionskriterium eine subtile, dreidimensionale und zwanghafte Bewegung, die für einen ungestörten Bewegungsablauf im Gelenk unerlässlich ist. Durch die straffe Verbindung des distalen Tibiofibulargelenkes sind Bewegungen der Fibula in den verschiedenen Bewegungsebenen möglich. Bei der Dorsalextension rotiert der Außenknöchel nach innen, wird dabei lateralisiert und erfährt eine Dorsal- und Proximalverschiebung. Die Plantarflexion bewirkt im Gegensatz eine Außenrotation und Medialisierung mit Ventral- und Distalverschiebung des Außenknöchels. Im Gesamtbewegungsmuster kommt es also bei der Dorsalextension zur Aufrichtung der Talusquerachse medial mit gleichzeitiger Talusinnenrotation, verbunden mit Innenrotation, Lateralisierung und Dorsal/Proximalverschiebung der Fibula. Bei der Plantarflexion sinkt bei Talusaußenrotation die Talusquerachse medial ab und die Fibula zeigt eine Außenrotation, Medialisierung sowie Ventral- und Distalverschiebung.

Um die funktionelle Beanspruchung beider Sprunggelenke besser untersuchen zu können, wurden Untersuchungen zur Ermittlung der Ausrichtung der Substantia spongiosa angestellt (**45**). Die Anordnung der Substantia spongiosa stimmt im wesentlichen mit der einwirkenden Gelenkresultierenden überein. Mithilfe der Aequidensitenmethode konnten diese Anordnung und die Knochendichte anhand von Röntgenbildern von Sagittal- und Frontalschnitten ermittelt werden.

Zerlegt man die Kräfte am oberen Sprunggelenk, ergibt sich, daß die seitlichen Gelenkanteile der Sprunggelenkgabel durch die horizontalen Zugverspannungen der Kollateralbänder beansprucht werden. Knorpeldegenerationen oder Knorpelerweichungen lassen sich zu Punkten hoher und niedriger Beanspruchung in Beziehung bringen. So zeigen Spaltlinienmuster im Gelenkknorpel einen Ort hoher Beanspruchung auf der Trochlea tali im hinteren, lateralen Bereich der Talusrolle an. In der Mitte der Gelenkfläche liegt dagegen ein Ort niedriger Beanspruchung, ebenso wie in der Facies articularis inferior tibiae. Nach Heiler (81) könne Minderbelastung in der Gegend der gefundenen Zonen zu Knorpelerweichungen, Mehrbelastungen an Punkten hoher Beanspruchung zu faseriger Gelenkknorpeldegeneration führen.

Untersuchungen mit drucksensitiven Folien (107) ergeben eine Verschiebung der Druckmaxima in Abhängigkeit vom Ausmaß der Plantarflektion unter axialer Belastung von ventromedial über zentral nach lateral, teilweise nach dorsal. Kippbewegungen wie bei Supinationsbelastungen beanspruchen zusätzlich die Knorpelflächen von Innen- und Außenknöchel.

Aus der Normalstellung, in der der Fuß zum Unterschenkel in einem rechten Winkel steht, kann eine Dorsalextension aktiv bis 30 Grad (passiv bis 40 Grad), eine Plantarflektion im Normalfall bis 50 Grad (passiv bis 65 Grad) durchgeführt werden. Diese Bewegungsgrenzen (122) unterliegen starken individuellen Schwankungen, da das Bewegungsausmaß von mehreren Faktoren abhängt. So ist es durch Training möglich, die Plantarflektion auf 90-100 Grad zu vergrößern, während sich die Dorsalextension kaum verstärken läßt, da diese einmal knöchern durch die breite Talusrolle und zum anderen muskulär durch die stark gespannte Wadenmuskulatur gehemmt wird. Zudem erlauben bestimmte Fußformen nur eingeschränkte Bewegungsmöglichkeiten (z. B. reduzierte Dorsalextension beim Hohlfuß).

Anheben des medialen Fußrandes (Supination) und Heben des lateralen Fußrandes (Pronation) sowie laterales Wegführen (Abduktion) und mediales Heranführen des Fußes (Adduktion) sind Bewegungen, die im unteren Sprunggelenk geschehen, Bewegungskombinationen wie z. B. eine Plantarflektions - Inversionsbewegung (auch beim Umknicktrauma) werden von beiden Sprunggelenken ausgeführt. Die Bewegungsmöglichkeiten beider Sprunggelenke ergänzen sich so funktionell, sie sind in ihrem Zusammenspiel eine unabdingbare Voraussetzung für die volle Funktionstüchtigkeit bei sportlichen Belastungen.

Für isolierte Bewegungen im unteren Sprunggelenk nimmt Tittel (122) folgende Bewegungsausmaße an:

aktive Pro- und Supination jeweils 13 Grad, durch das Zusammenspiel beider Sprunggelenke und durch Mitbewegungen im Chopartschen Gelenk wird diese Beweglichkeit auf ein Ausmaß von 30-40 Grad erweitert. Adduktions- und Abduktionsbewegungen oder auch Tibialabduktion und Fibularabduktion erreichen Werte von 60 bis 90 Grad.

### **2.1.3 Muskeln des oberen Sprunggelenks**

Nach Kapandji (54) wird die an der Bewegung des oberen Sprunggelenks beteiligte Muskulatur durch zwei nicht rechtwinklig zueinander gelegene Achsen in vier Quadrantenfelder aufgeteilt, es entsteht das sogenannte "Heterokinetische Kardangelen". Insgesamt grenzen diese beiden Achsen 10 Muskeln mit 13 dazugehörigen Sehnen ab.

Die transversale Achse soll die Bewegungsachse des oberen Sprunggelenks darstellen, alle davor gelegenen Muskeln sind Beuger. Geteilt wird diese Beugergruppe durch die Sagittalachse, die etwa die

Achse des unteren Sprunggelenks darstellen soll. Die beiden Muskeln medial dieser Sagittalachse sind gleichzeitig Abduktoren und Supinatoren. Dabei adduziert und supiniert der M. tibialis anterior kräftiger als der M. extensor hallucis longus, da er weiter von der Achse entfernt ist. Die beiden lateral der Achse gelegenen Muskeln sind gleichzeitig Abduktoren und Pronatoren. Eine Dorsalextension wird durch beide vor der Transversalachse gelegene Muskelgruppen erzielt.

Die Plantarflektoren des Fußes verlaufen hinter der transversalen Flektions- Extensionsachse, wobei von den insgesamt 6 Beugemuskeln der dreiköpfige M. trizeps surae durch seine axiale Lage, seinen Abstand von der Gelenkachse und durch sein Muskelvolumen der Bedeutendste ist. Der M. plantaris wird nicht berücksichtigt, da seine Wirkung unerheblich ist.

Lateral der Achse des unteren Sprunggelenkes liegen zwei Muskeln die gleichzeitig Abduktion und Pronation bewirken (M. peroneus brevis und M. peroneus longus). Medial der Achse liegen Adduktoren und Supinatoren (M. tibialis posterior, M. flexor digitorum longus, M. flexor hallucis longus). Durch synergistisch – antagonistische Kombination beider Muskelgruppen, die hinter der Achse des oberen Sprunggelenkes gelegen sind, kommt eine Plantarflexion zustande. Jedoch sind die zuletzt erwähnten Muskeln gegenüber dem M. trizeps surae nur als Hilfsbeuger zu bezeichnen, die Arbeitsleistung des dreiköpfigen Plantarflektors beträgt ungefähr ein 14-faches dessen der restlichen Plantarflexionsmuskulatur. Im Gegensatz zu den Dorsalextensoren leistet er etwa das vierfache an Arbeit.

Gleichzeitig ist der M. trizeps surae der kräftigste Supinator und Abduktor des Fußes. Sein Drehmoment kommt dem aller Pronatoren gleich, wobei insgesamt das Drehmoment aller Supinatoren etwa doppelt so groß ist, wie das der Pronatoren.

#### 2.1.4 Schlüsselrolle des Talus

Der Talus wird weder durch Muskulatur aktiv bewegt noch muskulär festgestellt, da kein Muskel an ihm ansetzt.

Am Talus ziehen folgende Muskeln vorbei:

1. M. extensor digitorum longus
2. M. peroneus tertius (nicht immer vorhanden)
3. M. peroneus brevis
4. M. peroneus longus
5. M. trizeps surae mit der Achillessehne
6. M. tibialis posterior
7. M. flexor hallucis longus
8. M. flexor digitorum longus
9. M. extensor hallucis longus
10. M. tibialis anterior

Bewegungen des Talus verlaufen somit immer in Kombination mit Bewegung von anderen mit ihm artikulierenden Knochen. Diese Kombinationsbewegung bezeichnet man als mechanische Koppelung.

Der Talus bildet den Gipfel des Rückfußskelettes (54). Über das obere Sprunggelenk, die Articulatio talocruralis, werden Kräfte aufgenommen und in drei verschiedene Richtungen weitergeleitet, über die Articulatio subtalaris nach fersenwärts, über das Talonaviculargelenk nach vorne medial und über das vordere Talocalcaneargelenk nach vorne lateral. Die arterielle Blutversorgung erfolgt über die

verschiedenen Band- und Kapselinsertionen. Diese Versorgung ist normalerweise ausreichend, jedoch kann die Ernährung nach Frakturen oder Luxationen des Taluskörpers beeinträchtigt werden, nicht selten erscheint dann das Bild einer aseptischen Knochennekrose.

### 2.1.5 Stabilität des oberen Sprunggelenkes

In der Sagittalachse führt das obere Sprunggelenk Beuge- und Streckbewegungen, das heißt Plantarflektions- und Dorsalextensionsbewegungen durch.

Die Dorsalextension wird durch die knöcherne Führung, den Kapselbandapparat und durch die dorsal gelegene Muskulatur gehemmt. Die Knochenhemmung ergibt sich bei maximaler Dorsalextension, wenn der Umschlagpunkt zwischen Talushals und Talusrolle an die distale Tibiavorderkante anschlägt. Im Kapselbandapparat spannen sich die hintere Kapselwand und das Ligamentum fibulotalare posterius an, ebenso wirkt der M. trizeps surae durch seinen Tonus hemmend.

Bei der endgradigen Plantarflektion entsteht ein knöcherner Kontakt zwischen dem processus posterior tali mit der distalen Tibiahinterkante. Zudem werden die vordere Kapselwand und das Ligamentum fibulotalare anterius gespannt. Die Extensoren hemmen durch ihren Muskeltonus die Plantarflektion.

Sagittale Stabilität entsteht bei Belastung des oberen Sprunggelenks durch die knöcherne Führung von Tibia, Fibula und Talus. Lohrer et al. (72) konnten in Röntgenuntersuchungen an instabilen oberen Sprunggelenken auf einer verstellbaren schiefen Ebene (0-40 ° Neigung) die Bedeutung der Gelenkbelastung für die primäre Stabilität nachweisen:

Im beidbeinigen Stand auf der 20 ° geneigten schiefen Ebene wiesen fast alle instabilen Sprunggelenke eine Taluskipfung von 0 ° auf (Durchschnittswert unbelastet 14,7 ° Kippung). Im beidbeinigen 30 ° bzw. 40 ° Schrägstand konnten Taluskipfwerte von 0-7 ° bzw. 3-12 ° nachgewiesen werden. Eine Reduktion zeigte sich dann jedoch im Einbeinstand, wo bei 20 ° Schrägstellung alle Gelenke stabil, bei 30 ° nur 2 Gelenke leicht (3 ° und 6 °) aufklappten. Es konnte somit der Beweis geführt werden, daß das belastete obere Sprunggelenk bis mindestens 20 ° bei invertierter Position des Fußes knöchern formschlüssig und stabil ist.

Nach dem Konzept von Stormont et al. (118) sind unter axialer Belastung osteocartilaginäre Strukturen der talocruralen und fibulotalaren Gelenkfläche in durchschnittlich 30 % gegenüber Rotationen um die Tibialängsachse, in 100 % bei Supinations-, Inversions- bzw. Pronations-, Eversionsbelastung stabilitätsvermittelnd und damit primärer Stabilisator des oberen Sprunggelenks. Der Kapselbandapparat ist ein vor allem in entlastetem Zustand und im Übergangszustand von Ent- zu Belastung bzw. Be- zu Entlastung wirkender, passiver und somit sekundärer Stabilisator des oberen Sprunggelenks, während die Muskulatur als aktiver Stabilisator wirken kann.

Verschiedene Durchtrennungsversuche der Außenbänder am oberen Sprunggelenk (128) erlauben eine Dokumentation der Stabilisierungsfunktion des Kapselbandapparates. Bei einer isolierten Durchtrennung des Ligamentum fibulotalare anterius läßt sich eine Aufklappbarkeit im oberen Sprunggelenk von durchschnittlich 10 ° in Spitzfußstellung und eine vordere Schublade nachweisen, während bei Rechtwinkelstellung des Fußes keine Taluskipfung nachweisbar ist. Die isolierte Durchtrennung des Ligamentum fibulocalcaneare, die klinisch sehr selten als isolierte Ruptur zu beobachten ist, zeigt einen Stabilitätsverlust im umgekehrten Sinne, nämlich Stabilität in Spitzfußstellung, eine Aufklappbarkeit in Rechtwinkelstellung von durchschnittlich 10 ° ohne Nachweis einer vorderen Schublade. Die kombinierte Durchtrennung beider Bänder führt insgesamt zu einer seitlichen Instabilität sowohl in Spitzfußstellung als auch in Rechtwinkelstellung von 15-30 °

Taluskipfung und einer Subluxationsschubblende des Talus nach ventral. Die Durchtrennung der vorderen Syndesmose führt zu einer Aufweitung des Syndesmosenspaltes bei gleichzeitiger Außenrotation des Außenknöchels, die Durchtrennung der hinteren Syndesmose nur zu einer geringen Syndesmosenverbreiterung. Werden alle Syndesmosenbänder durchtrennt, verbreitert sich auch der Abstand zwischen distaler Fibula und distaler Tibia.

Transversale Stabilität des oberen Sprunggelenks entsteht durch die klammerartige Verbindung der Malleolengabel mit dem Talus, welche zusätzlich durch vordere und hintere Syndesmose sowie der Membrana Interossea verstärkt wird. Die Syndesmosenbänder weisen die größte Zerreißfestigkeit und gleichzeitig die größte elastische Dehnbarkeit aller Bandstrukturen am oberen Sprunggelenk auf, während das Ligamentum fibulotalare anterius die geringste Belastbarkeit und elastische Dehnbarkeit hat (96). Daraus ergibt sich die höhere Anfälligkeit des Ligamentum fibulotalare anterius im Vergleich zu den restlichen Bändern und Bandkomplexen am oberen Sprunggelenk gegenüber Dehn- und Zugbelastung.

Wirth et al. (128) führten ebenfalls Bandspannungsmessungen an Sprunggelenkpräparaten durch, allerdings im unbelasteten Zustand. In einem Bewegungssimulator wurden Bewegungen von 30 ° Dorsalextension bis 40 ° Plantarflektion im oberen Sprunggelenk ausgeführt, während die Bänder des oberen Sprunggelenks mit Dehnungsmeßstreifen versehen wurden. Die Dehnungskurve der jeweiligen Bänder wurde zeitgleich mit dem jeweiligen Bewegungsausmaß aufgezeichnet. Dabei zeigt sich, daß alle fibularen Bänder in der Neutralnullposition weitgehend entspannt sind. Sie zeigen eine vermehrte Anspannung bei zunehmender Plantarflektion und Dorsalextension. Ähnlich ist das Bandspannungsverhalten der vorderen Syndesmose. Bei der hinteren Syndesmose ergibt sich ein genau umgekehrtes Bild. Die Maximalspannungen liegen im Bereich der Neutralnullposition. Der vordere Anteil des Deltabandes zeigt die geringste Spannung bei Plantarflektion und einen Spannungsanstieg proportional zur zunehmenden Dorsalextension. Demnach scheint die ligamentäre Führung des oberen Sprunggelenks bei Plantarflektion lediglich durch die Kollateralbänder zu geschehen. Die Mittelstellung des oberen Sprunggelenks wird durch den dorsomedialen Kapselbandapparat stabilisiert. In Dorsalextension sind alle Bänder des oberen Sprunggelenks mit Ausnahme der hinteren Syndesmose an der Gelenkstabilisierung beteiligt, besonders das Ligamentum fibulocalcanear, die vordere Syndesmose und die Pars tibioalcanearis des Deltabandes, also die Bänder, die das obere und untere Sprunggelenk überbrücken beziehungsweise Fibula und Tibia ventral zusammenhalten.

Um eine Aussage über die Anfälligkeit der einzelnen Bänder im Rahmen verschiedener Verletzungsmechanismen zu erhalten, wurden Spannungsänderungen der einzelnen Bänder unter verschiedenen Streßbedingungen geprüft. In Valgusaußenrotationsstreßbelastung entspricht das Spannungsdehnungsmuster des Bandapparates grundsätzlich dem physiologischen, in der Literatur beschriebenen Spannungsverteilungsmuster. Die Spannungsspitzen erhöhen sich dabei in Abhängigkeit von der einwirkenden Kraft. Die Spannungskurven bei Varusinnenrotation weichen dagegen erheblich vom physiologischen Spannungsmuster ab. Das Ligamentum fibulotalare anterius zeigt anstelle eines symmetrischen Anstiegs in extremer Dorsalextension und Plantarflektion bei der Varusinnenrotation einen kontinuierlichen Spannungsanstieg mit zunehmender Plantarflektion. Umgekehrt verhält sich das Ligamentum fibulotalare posterius, wo sich bei Varusinnenrotationsstreß ein symmetrischer Anstieg der Spannungskurve bei Plantarflektion bzw. Dorsalextension zeigt. Das Ligamentum fibulocalcanear weist hierbei einen Anstieg der Dehnungskurve bei zunehmender Dorsalextension auf. Während die vordere Syndesmose bei Varusinnenrotation einen symmetrischen Verlauf mit Anspannung in beide Extrempositionen zeigt, spannt sich die hintere Syndesmose bei Dorsalextension unter den gleichen Streßbedingungen an. Zuletzt wurde das Spannungsverteilungsmuster des vorderen Anteils des Deltabandes untersucht, wobei

Varusinnenrotationsstreß hier die Bandspannung erniedrigt, Valgusaußenrotationsstreß die Bandspannung erhöht.

Insgesamt bedingt also die Varusinnenrotationsbewegung am oberen Sprunggelenk eine Umverteilung der Spannungsspitzen des Bandapparates im Vergleich zum unbelasteten Sprunggelenk, Valgusaußenrotationsbelastung bringt lediglich eine Spannungszunahme proportional zur einwirkenden Kraft.

Ebenfalls ohne axiale Belastung führten Renstroem et al. (91) Dehnungsmessungen am lateralen Bandapparat durch. Die Ergebnisse decken sich mit denen von Wirth (128) und Sauer (96) und unterstreichen das synergistische Zusammenarbeiten von Ligamentum fibulotalare anterius und fibulocalcaneare in der Art, daß ein Band Spannung zeigt, während das andere entspannt ist. Bei Plantarflektion ergibt sich ein Spannungsanstieg im Ligamentum fibulotalare anterius, bei Dorsalextension im Ligamentum fibulocalcaneare. Für die Autoren ergibt sich daraus die Restriktion der Bewegung während einer Nachbehandlungsphase nach Bandverletzung am Sprunggelenk. Da zusätzliche Innenrotation einen Spannungsanstieg am vorderen Außenband hervorruft, die Plantarflektion und Innenrotation limitiert werden. Bei einer Mitverletzung des Ligamentum fibulocalcaneare soll die Dorsalextension reduziert werden.

Weitere Bandspannungsmessungen der fibulotalaren anterioren und fibulocalcanearen Bänder mit und ohne axiale Belastungen wurden von Cawley et al. durchgeführt (12). Sie fanden heraus, daß bei fehlender Belastung des Fußes beide Bandstrukturen ein synergistisches Zusammenwirken entfalten, bei axialer Belastung hingegen zeigten sich signifikante Unterschiede im Belastungsverhalten dieser Bänder.

Shybut et al. (110) implantierten Meßwandler in die Bandverläufe des Sprunggelenkes und stellten fest, daß die Belastungen der Bänder in einem Bewegungsbereich von 10° Dorsalextension und 20° Plantarflektion gering bleiben. Dies bestätigt die Aussagen von Renstroem und Wirth. Bei physiologischem Bewegungsablauf haben die Sprunggelenkbänder eher die Funktion einer kinematischen Führungshilfe, als die eines primären Stabilisators.

Colville et al. (14) bestimmten die Dehnung der Sprunggelenkbänder beim Übergang von der Dorsalextension zur Plantarflektion, sowie in Inversion, Eversion, Innen- und Außenrotation. Ligamentum fibulocalcaneare und Ligamentum fibulotalare anterius wirken demnach in allen Positionen zur Sicherung der lateralen Gelenkstabilität zusammen, das Ligamentum fibulocalcaneare agiert als Führung der subtalaren Bewegung, das Ligamentum fibulotalare anterius als Primärstabilisator bei Plantarflektion und Innenrotation.

Bahr et al. (4) testeten die Ligamente unter axialer Belastung und stellten fest, daß bei Dorsalextensions- oder Plantarflektionsbewegung zwar kein Bandspannungsanstieg über dem Ligamentum fibulocalcaneare zu verzeichnen war, die Spannung im Ligamentum fibulotalare anterius mit der Zunahme der Plantarflektion jedoch anstieg. Den höchsten Spannungsanstieg in diesem Band verzeichneten sie bei kombinierter Supination und Plantarflektion unter axialer Last. Die höchste Spannung im Ligamentum fibulocalcaneare entstand bei kombinierter Supination und Dorsalextension. Diese Ergebnisse bestätigten, daß das Ligamentum fibulotalare anterius den primären Widerstand gegen Inversionsbewegungen, also dem typischen Verletzungsmechanismus leistet.

## 2.2 Pathophysiologie des Umknicktraumas

Beim Umknicktrauma, einer in den meisten Fällen kombinierten Bewegung aus Plantarflektion und Adduktion oder Inversion kommt es zum plötzlichen Überschreiten der Grenzen der normalen Beweglichkeit und der mechanischen Stabilität der Bandstrukturen im oberen Sprunggelenk. Dabei geschieht die Umknickbewegung so schnell, daß eine aktive Stabilisierung der Muskulatur nicht mehr erfolgen kann und der Kapselbandapparat sowie die knöcherne Führung pathologisch hoch belastet werden. Segesser et al. beschrieben (105), daß eine Reaktion der sprunggelenkstabilisierenden Muskulatur auf von außen einwirkende Kräfte erst nach einer Latenzzeit von 30 Millisekunden erfolgt, Dietz et al. (18) beschrieben muskuläre Antwortzeiten mit einer Latenz von etwa 90 Millisekunden, Gollhofer (37) beschrieb eine Reflexzeit von ca. 130 Millisekunden, das sogenannte elektromechanische Delay. Umknickbewegungen laufen jedoch in den meisten Fällen bedeutend schneller ab. Die Geschwindigkeit des Umknickereignisses kann dabei mehr als 400°/ Sekunde betragen, wobei die muskuläre Antwort hier zu spät käme, und ein ungeschütztes Sprunggelenk unweigerlich die Grenzen der physiologischen Beweglichkeit und Belastbarkeit überschreiten würde.

## 2.3 Risikofaktoren für laterale Kapselbandverletzungen

Ist die passive mechanische Stabilität durch vorverletzte Kapselbandstrukturen nicht mehr gewährleistet, sind Rezidivverletzungen häufig.

Oft werden anatomische Formvarianten gefunden. So können Fehlstellungen des Fußes, fehlausgebildete knöcherne Strukturen, Rotationsfehlstellungen des Beines und Bewegungseinschränkungen zum Umknicktrauma prädisponieren.

Auch die Muskulatur als aktiver Stabilisator kann bei ungenügendem Muskelgleichgewicht, bei Muskelverkürzungen oder vorzeitiger Ermüdung ursächlich für ein Sprunggelenktrauma sein.

Beeinflußbare, sogenannte endogene Ursachen sind Eigenschaften wie Motivation, Konzentration, Koordination, Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer, Erwärmungszustand, Beweglichkeit, Reaktionszustand und technisches Vermögen. Exogene, das heißt von außen einwirkende Ursachen sind Einwirkungen des Gegners, Schuhwerk, Sportgeräte, Bodenbeschaffenheit, Trainings- und Wettkampfablauf, Spielregeln und klimatische Verhältnisse. Zum Teil sind diese exogenen Faktoren im Sinne der Prävention veränderbar.

## 2.4 Behandlungskonzepte von lateralen Kapselbandverletzungen

Nach wie vor gibt es noch kein einheitliches Therapiekonzept zur Behandlung von lateralen Kapselbandverletzungen am oberen Sprunggelenk. Derzeit erfolgt die Primärbehandlung der frischen Kapselbandruptur vorwiegend konservativ, während die operative Therapie immer mehr in den Hintergrund tritt.

Auch die Nachbehandlung wird kontrovers diskutiert. Die Möglichkeiten reichen von der immobilisierenden Gipsnachbehandlung mit mehrwöchiger Gipsruhigstellung (127) bis zur primär frühfunktionellen Therapie ohne Orthesenschutz (20). Ein Konzept zur primär frühfunktionellen Therapie direkt im Anschluß an die Operation existiert bisher noch nicht.

### 2.4.1 Diagnostik

In einem Übersichtsreferat hat Marder (76) das diagnostische Procedere ausführlich beschrieben.

#### Anamnese

Neben dem genauen Unfallmechanismus und der Unfallursache wird nach schon vorher bestehenden Instabilitäten gefragt. Hier kann eine Erstverletzung herausgefiltert werden, welche eine andere Behandlung erfahren sollte, als die Reruptur oder die Second - Stageruptur. Unter einer Reruptur versteht man das Rezidiv einer fibularen Bandruptur nach vollständiger Ausheilung (restitutio ad integrum). Mit Second - Stageruptur wird ein Rezidiv bei vorbestehender Instabilität verstanden (120). Bisweilen beschreibt der Patient eine Geräuschsensation beim Umknicktrauma.

Die Unfähigkeit, das verletzte Sprunggelenk zu belasten, der Schmerzverlauf und der Verlauf der eintretenden Schwellung und Hämatomentwicklung werden miterfragt und weisen auf Zusatzverletzungen hin.

#### Klinische Untersuchung

Bei der Inspektion wird auf Schwellung, Hämatomentwicklung und Deformität geachtet. Eine Schwellung unter dem lateralen Malleolus ist eines der Hinweiszeichen auf eine Verletzung des lateralen Kapselbandapparates, sollte die Schwellung supramalleolär liegen, kann die Syndesmose oder der Knochen beteiligt sein. Das Ausmaß der Schwellung hängt nicht mit dem Ausmaß der Verletzung zusammen (86).

Palpatorisch wird auf druckschmerzhafteste Punkte geachtet. Die Bandansätze und Ursprünge am medialen und lateralen Malleolus, die Syndesmose mit dem vorderen und hinteren tibiofibularen Band, die komplette Fibula, die unteren Sprunggelenke sowie die angrenzenden Gelenke zum Vorfuß, die Peronealsehnscheide und die Achillessehne sollten so untersucht werden.

Nach Palpation der Fußpulse sowie die Prüfung der sensorischen und motorischen Funktion im Seitenvergleich ist die Beweglichkeit der einzelnen Sprunggelenke aktiv und passiv zu prüfen.

Zum Ausschluß einer Syndesmosenverletzung werden Tibia und Fibula supramalleolär gegeneinander komprimiert. Eine Schmerzempfindung im Bereich des oberen Sprunggelenks kombiniert mit Schmerzen bei passiver, endgradiger Dorsalextension ist dabei ein Hinweiszeichen auf eine Syndesmosenverletzung.

Allgemein gebräuchlich für die klinisch manuelle Stabilitätsprüfung des oberen Sprunggelenks sind die Taluskippung und der Talusvorschub. Beide sind sehr von der Untersuchungstechnik und der Erfahrung des Untersuchenden abhängig. Beide Untersuchungen sollten in ca. 10 ° Plantarflexion, leichter Kniebeugung und beidseitig durchgeführt werden. Der Talusvorschub beschreibt die Vorwärtsverschieblichkeit des Talus in sagittaler Ebene, dies kann sowohl durch Fixation der Tibia und Ventralschub des Calcaneus als auch durch Fixation des Calcaneus und Dorsalschub der Tibia geschehen. Am liegenden oder sitzenden Patienten mit herabhängendem Bein umfaßt der Untersucher den distalen Unterschenkel mit der fixierenden Hand. Mit der untersuchenden Hand wird der Calcaneus dorsal umfaßt. Eine vordere Schublade wurde durch einen ventralisierenden Zug geprüft. Dabei kommt die Ferse in der Hohlhand des Untersuchers zu liegen. Die Taluskippung beschreibt die Kippbewegung zwischen Talus und Tibia bei passiver Supination des Rückfußes (90). Die Prüfung der Taluskippung erfordert eine Umpositionierung der Untersuchungshand. Von lateral wird die seitliche Ferse umfaßt und ein medialisierend - caudalisierender Druck gegen den fixierten Unterschenkel ausgeübt. So kommt es beim instabilen Gelenk zu einem lateralen Aufklappen der Gelenkflächen zwischen Talus und Sprunggelenkgabel.

Hollis et al. (48) führten an mehreren Leichensprunggelenken simulierte Inversionstraumata durch, wobei die Positionen von Tibia, Talus und Calcaneus festgehalten wurden. Die Testreihen erfolgten zunächst mit intaktem Bandapparat, dann nach aufeinanderfolgender Durchtrennung des Ligamentum fibulotalare anterius und des Ligamentum fibulocalcaneare in Neutralnullposition, 15° Dorsalextension und 15° Plantarflexion. Sie konnten aufzeigen, daß der manuelle Talusvorschub zwischen isolierter Ruptur des Ligamentum fibulotalare anterius und der Kombinationsverletzung mit Ruptur von Ligamentum fibulotalare anterius und Ligamentum fibulocalcaneare unterscheiden kann. Bei Dorsalextension zeigt sich bei isolierter Ruptur des Ligamentum fibulotalare anterius eine Reduktion des Talusvorschubes im Vergleich zur Neutral- oder Plantarflexionsposition. Gleicher Talusvorschub in allen Positionen beweise eine Mitverletzung des Ligamentum fibulocalcaneare. Die Taluskippung hingegen scheint sich als spezifisch für die Verletzung des Ligamentum fibulocalcaneare herauszukristallisieren.

Ein weiterer klinisch manueller Test zur Beurteilung der Instabilität erfolgt am sitzenden Patienten mit herabhängendem Unterschenkel und dem Fuß in lockerer Spitzfußhaltung. Die eine Hand des Untersuchers fixiert den distalen Unterschenkel, mit der anderen Faust wird ein leichter Schlag in axial - cranialer Richtung auf das hintere Drittel der Fußsohle gegeben. Bei Bandläsionen, aber auch bei chronischer Bandinstabilität ist durch manuelles Zurückschlagen des Talus in die Sprunggelenkgabel ein deutliches "Klick" Phänomen zu vernehmen. Dieser Test ist völlig schmerzlos und kann beliebig oft wiederholt werden (121).

### **Röntgenuntersuchung**

Die radiologische Untersuchung dient der Quantifizierung und Objektivierung der klinischen Diagnose. Knöcherne Begleitverletzungen sollten bei allen Sprunggelenkverletzungen mit Nativaufnahmen in zwei Ebenen routinemäßig ausgeschlossen werden. Bei Verletzungen der Syndesmose zeigt sich im Seitenvergleich ein Auseinanderklaffen der Sprunggelenkgabel mit Distanzzunahme zwischen Tibia und Fibula. Durch zusätzliche hoch eingestellte Unterschenkelaufnahmen lassen sich proximale Fibulafrakturen und Maisonneuve - Frakturen, durch schräg eingestellte a. p. Aufnahmen sogenannte Flake - Frakturen im oberen Sprunggelenk häufig nachweisen.

Patienten mit Vorverletzungen zeigen oft degenerative Veränderungen an den Malleolenspitzen sowie ventrale oder dorsale knöcherne Ausziehungen der talaren oder tibialen Gelenkfläche. Störungen in der Entwicklung des Fußskelettes können zur Ausbildung zusätzlicher akzessorischer Knochen führen. Diese sind sowohl klinisch, als auch radiologisch von Frakturen, Absprengungen oder knöchernen Ausrissen abzugrenzen. Hier sind in differentialdiagnostischer Hinsicht besonders das Os subfibulare und das Os tibiale externum angesprochen.

Um die mit der klinischen Untersuchung festgestellten Instabilitäten, den Talusvorschub und die Taluskippung reproduzierbar nachzuweisen, wurden verschiedene Halteapparaturen angefertigt, von denen sich in Deutschland das Haltegerät nach Professor Scheuba als gängigste Methode durchgesetzt hat. Es zeigte bei Vergleichsuntersuchungen die konstantesten und reproduzierbarsten Ergebnisse (15). Die Taluskippung wird am liegenden Patienten mit flektiertem Knie und etwa 10-gradiger Plantarflexion des oberen Sprunggelenks durchgeführt. Bei fixierter Ferse und Unterschenkel wird am distalen Unterschenkel eine mit 15 Kilopond standardisierte Varusbelastung des oberen Sprunggelenks induziert. Auf der a. p. Röntgenaufnahme kann dann die Taluskippung quantifiziert werden. Der Talusvorschub wird in Seitlage ebenfalls in 10-gradiger Plantarflexion sowie zusätzlicher Innenrotation des Unterschenkel und Fußes von 15-20° durchgeführt. Bei fixierter Ferse und Unterschenkel wird ein mit 15 Kilopond standardisierter Druck nach ventral auf den distalen

Unterschenkel ausgeübt. In der seitlichen Röntgenaufnahme wird die Strecke von der Talusgelenkfläche bis zur Tibiahinterkante als Talusvorschub ermittelt.

Zwipp et al. (131) haben die für den deutschen Sprachraum gebräuchlichste Definition für beide Werte angegeben, dabei bezeichnet man den Taluskippwinkel als Winkel, der sich unter Supinations-, Adduktions-, Inversionsstreß zwischen Tibia- und Talusgelenkfläche in Grad messen läßt. Der Talusvorschub bezeichnet die Wegstrecke, die sich durch Ventralverschiebung des Talus gegenüber der Tibia bei nach ventral gerichteter Zug- bzw. Schubwirkung der talo - tarsalen gegenüber der cruralen Einheit in Millimetern ergibt. Das heißt zur Quantifizierung des Taluskippwinkels im a. p. Röntgenbild wird der Winkel zwischen Tibia- und Talusgelenkebene in Grad angegeben, für den Talusvorschub im Seitbild wird eine Halbierung der Linie zwischen ventraler und dorsaler Talusrollenbegrenzung durchgeführt, von diesem Mittelpunkt der Linie wird eine weitere Linie zur Knochenknorpelgrenze der hinteren Tibia gezogen, die ihrerseits die Talusgelenkfläche schneidet, die Distanz zwischen Tibiahinterkante und Talusgelenkfläche quantifiziert den Talusvorschub. Bei Doppelprojektion des Talus wird die gemittelte Gelenkfläche wie vermessen.

Rubin et al. (93) beschrieben eine breite Streuung der Taluskippwerte und stellte schon damals die Validität der streßröntgenologischen Untersuchung in Frage.

Bei Zwipp et al. (131) liegen die Grenzwerte bei 120 sicher unverletzten Sprunggelenken bei einer Taluskippung von 3,5° und einem Talusvorschub von 5,0 mm. Bei Ludolph et al. (74) finden sich Schwankungen für die Taluskippung von 0-2° und für den Talusvorschub 0-8 mm.

Ludolph et al. (75) wiesen anhand von Durchtrennungsversuchen und gehaltenen Aufnahmen nach, daß es keine Beziehungen zwischen dem Grad der radiologischen Instabilität und den jeweils verletzten Strukturen gibt. Bei gleichen Verletzungsmustern ließen sich erhebliche differierende Instabilitätsgrade nachweisen, so beim Ligamentum fibulotalare anterius eine Schwankung der Taluskippung zwischen 0-12°, ein Talusvorschub zwischen 8 und 14mm.

### **Arthrografie**

Die Arthrografie ist relevant zur Aufdeckung lateraler und medialer Kapselbandrupturen sowie von Syndesmosenverletzungen. Eine enge Beziehung des Ligamentum fibulotalare anterius mit der vorderen seitlichen Kapsel erlaubt bei einer Ruptur einen Kontrastmittelaustritt nach anterolateral, Rupturen der vorderen Syndesmose zeigen Kontrastmittelaustritte zwischen Fibula und Tibia nach proximal bis zur Membrana Interossea. Eine Beteiligung des Ligamentum fibulocalcaneare hängt mit dem Nachweis eines Kontrastmittelaustrittes in die Peronealsehnenscheide zusammen. Raatikainen et al. (87) beschrieb eine 100%ig genaue Diagnose der frischen Ligamentum fibulotalare anterius Ruptur und eine 80%ig genaue Diagnose der frischen Ligamentum fibulocalcaneare Ruptur.

Nach Steinbrück (117), einem ehemaligen Verfechter dieses Diagnoseverfahrens, und Van Den Hoogenband (125) gehört die Arthrografie der Vergangenheit an.

### **Sonografie**

Nach Ernst et al. (24) ist die Gelenksonografie mit einer Sensitivität von 0,98 für die Verletzung des Ligamentum fibulotalare anterius und 0,79 für die Verletzung des Ligamentum fibulocalcaneare als sichere diagnostische Methode zu bezeichnen. Eine weitere Untersuchung der gleichen Arbeitsgruppe (42) zeigte ähnliche Werte mit einer Sensitivität für das Ligamentum fibulotalare anterius von 0,95 und für das Ligamentum fibulocalcaneare mit 0,77.

Dabei verwendeten sie einen sagittalen dorsalen Längsschnitt durch das obere Sprunggelenk zur Überprüfung von sowohl Talusvorschub als auch Taluskippung. Gemessen wurde dabei der Abstand zwischen Tibiahinterkante und dorsaler Talusrollenbegrenzung.

Die Sonografie ist weniger schmerzhaft als gehaltene Aufnahmen, eine Strahlenbelastung entfällt, eine Anästhesie ist nicht notwendig. Die Nachteile liegen hauptsächlich darin, daß die Sonografie nicht allgemein anerkannt ist.

### **Andere Methoden**

Die Magnetresonanztomographie ist als jüngste diagnostische Methode zur Zeit noch zu kostenaufwendig, um eine Routineuntersuchung bei Verletzungen der lateralen Kapselbandstrukturen zu sein. Sie wird bei spezifischen Fragestellungen eingesetzt, wie z. B. bei der Abklärung osteochondraler Verletzungen (77), Teilrupturen bzw. vollständigen Rupturen der Peroenalsehnen, Peronealsehnenluxationen und okkulten intraossären Läsionen (77, 84).

Die Szintigraphie deckt bei persistierenden Symptomen versteckt gebliebene Frakturen auf.

Die Arthroskopie gehört nicht mehr in die Reihe der diagnostischen Mittel bei akuter Sprunggelenkverletzung, findet jedoch immer mehr Einzug in der weiteren Diagnostik persistierender Symptome und der Therapie bei osteochondralen Läsionen (77), freien Gelenkkörpern, degenerativen Ausziehungen und auch bei hypertrophierten, narbig verwachsenem Ligamentum fibulotalare anterius oder Kapselanteilen (66) nach einer Kapselbandverletzung am oberen Sprunggelenk, dem sogenannten Meniskoid Syndrom.

### **2.4.2 Bisherige Therapieergebnisse**

Die Therapie der Kapselbandverletzung des lateralen oberen Sprunggelenk ist in zahlreichen Studien publiziert worden. Allerdings hat sich im Laufe der Jahre die Behandlung mehrfach verändert. In den sechziger und siebziger Jahren setzte sich zunehmend die primär operative Versorgung mit anschließender Gipsruhigstellung durch. Erst Ende der siebziger, Mitte der achtziger Jahre wurden alternativ zur Gipsbehandlung in der postoperativen Phase Sprunggelenkorthesen eingesetzt. Gleichzeitig mehrten sich auch die Veröffentlichungen von guten Behandlungsergebnissen bei primär konservativer Therapie.

Große, prospektiv randomisierte Studien, die alle verschiedenen Therapieformen miteinander verglichen, sind erst in jüngster Zeit erschienen. Zwipp et al. haben mit 200 Patienten (132) sowohl die Fragestellung operativ oder konservativ, als auch die Fragestellung frühfunktionell oder immobilisierend beleuchtet. Nach 2 Jahren fand er keinen signifikanten Unterschied zwischen operativ oder konservativ behandelten Patienten und ebenso keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen immobilisierender und frühfunktioneller Therapie.

Obwohl es eine Vielzahl von weiteren, auch prospektiv randomisierten Studien bezüglich der Therapieform bei Sprunggelenkverletzungen gibt, die den Nutzen der frühfunktionellen Therapie belegen, hat sich diese Therapieform noch nicht allgemein durchgesetzt. Gollhofer et al. konnten in einer Untersuchung (36) bereits nach kurzzeitiger Immobilisation der Unterschenkelmuskulatur im Unterschenkelgehgips für 10 Tage deutliche negative Anpassungsmechanismen der neuromuskulären Funktionen in Sinne von Degradation beobachten. Diese Untersuchung wurde an gesunden Sportstudenten durchgeführt. In der Regel finden sich nach Verletzungen am lateralen Kapselbandapparat Innervationsstörungen von Band- und Kapselrezeptoren, die bei den Versuchspersonen nicht bestanden. Somit können diese Ergebnisse die klinischen Effekte nur unterschätzen. Gleichzeitig wurde nach der Ruhigstellungsphase eine Minderung der Maximalkraft um 20 % im Durchschnitt für Kraftwerte ab 300 Millisekunden nach Kontraktionsbeginn beobachtet. Im Vergleich zur physiologischen Kraftentwicklung war die Fähigkeit zur schnellen Kraftentwicklung

besser erhalten geblieben. Der M. trizeps surae atrophierte um 13% am immobilisierten Bein, alle biomechanischen Parameter zeigten Veränderungen, die nach achttägiger Rekonvaleszenz nicht wieder ausgeglichen werden konnten.

Die Gipstherapie mit einer durchaus noch üblichen Ruhigstellungszeit von bis zu 6 Wochen (84, 102) dürften gerade am verletzten Gelenk die erwähnten Effekte noch verstärken.

Die durch Immobilisation bedingten Veränderungen werden übersichtlich von Diekstatt et al. (17) beschrieben. In einer Literaturübersicht wird eine Reduktion des Muskelquerschnittes für unterschiedliche Muskelgruppen zwischen 10% und 60% angegeben. Von der Atrophie sind vor allem die oxidativen Typ 1 Fasern (slow - twitch - fibers) betroffen, wobei dieser Schaden weitgehend reversibel ist. Die Inaktivitätsosteoporose vollzieht sich in drei Phasen mit Knochenverlusten, die fünf- bis zwanzigfach über denen anderer kalzipenischer Erkrankungen liegen. Die physiologische Koppelung zwischen Knochenresorption und Anbau ist durchbrochen, was dazu führt, daß Veränderungen am Knochen in der Regel persistieren. Immobilisation führt am hyalinen Knorpel zu einer charakteristisch, qualitativ und quantitativ veränderten Knorpelmatrix und zu typischen, histologisch und elektronenoptisch nachweisbaren morphologischen Veränderungen. Im Ergebnis unterscheiden sich diese Veränderungen nicht von denen anderer Arthroseformen. Unter der Immobilisation kommt es zur Verkürzung des Bindegewebes, der Verlust der strukturellen bandspezifischen Ausrichtung der Fibrillen führt zu einem signifikanten Abfall der Zugbelastbarkeit der Bänder. Insgesamt unterstreichen die möglichen Folgeschäden nach Immobilisation den Stellenwert der frühfunktionellen Therapie, welche die Wundheilung beschleunigt, die Gewebestrukturausbildung verbessert, die Thrombosegefahr vermindert und die Knorpel- und Knochenstabilisierung gewährleistet.

### 2.4.3 Bandheilung

Durch die Erkenntnisse der letzten Jahre haben sich die Behandlungskonzepte der Bandverletzungen am oberen Sprunggelenk radikal geändert. Die Heilung eines verletzten Bandes ist ein vielschichtiger Prozeß, der bislang nur in den Grundzügen aufgeklärt ist (67). Die Ligamente selbst weisen eine histologisch – anatomisch komplizierte Ultrastruktur aus Fibroblasten und extrazellulärer Matrix auf, wobei das Kollagen als wesentliche extrazelluläre Struktur zu nennen ist. Die Bandheilung erfolgt analog zur Wundheilung in drei Phasen, der Inflammation, der Reparation und Proliferation und dem Remodelling. Eine Bandregeneration im eigentlichen Sinne findet nicht statt, die Rupturstelle wird vielmehr durch Narbengewebe überbrückt, welches je nach funktioneller Belastung mehr oder weniger gut organisiert ist (129). Das Narbengewebe selbst besitzt einen geringen Kollagen I Anteil und einen hohen Kollagen II Anteil. Das erklärt die schlechten Materialeigenschaften des geheilten Bandes gegenüber der Ausgangsstruktur. Durch die Querschnittsvergrößerung, d. h. Materialvermehrung wird die Reißkraft insgesamt verbessert. Reparation und Remodelling werden durch die frühe Bewegung mit dezentem Streß positiv beeinflusst. Durch frühe Bewegung unter dosierter Belastung kommt es zu einer deutlichen Zunahme der Ligamentmasse und zu einer wesentlich besseren funktionellen Rekonstruktion des Narbengewebes. Dies geschieht auf zellulärer Ebene durch stimulierte Kollagenneuproduktion und auf extrazellulärer Ebene durch die verbesserte Ausrichtung der Kollagenfibrillen im Narbengewebe.

### 2.4.4 Therapieformen

Grundsätzlich unterscheidet man die operative und die konservative Behandlungsmethode

An diese primäre Therapie schließen sich verschiedene Nachbehandlungsmöglichkeiten an.

## Operative Therapie

Bei der operativen Therapie wird die Verletzung der zerrissenen Kapselbandanteile durch Adaptation der Bandenden und der Kapsel versorgt. Die Naht verringert so die Distanz der gerissenen Enden und kann durch Narbengewebe ersetzt werden.

Im Gegensatz zu den gleichermaßen guten Ergebnissen der operativ und konservativ versorgten Patienten von Zwipp (132) und den konservativ versorgten Patienten von Sommer (111) finden Paul et al. (82) bei deren Patienten eindeutige Vorteile der operativ versorgten Gruppe. Sie unterteilten insgesamt 100 Patienten in die drei Gruppen primär konservativ, primäre Bandnaht und sekundäre Bandplastik. Nach einem Punktescore, welcher klinische und radiologische Parameter zusammen erfaßte, erreichten 96% der Patienten, die mit primärer Bandnaht versorgt wurden, gute und sehr gute Ergebnisse. Die Patienten, die eine sekundäre Plastik erhielten, erzielten in 90,5% gute bis sehr gute Ergebnisse, die primär konservativ Therapierten jedoch nur in 32%.

Paar et al. (80) berichteten ebenfalls über bessere Ergebnisse der operierten Patienten im Vergleich zu konservativ Therapierten, bei denen insgesamt nur 30% gute Ergebnisse erzielt werden konnten. Sie legten dabei Wert auf einen frühen Operationszeitpunkt und gute Fadenverankerungstechnik. Korkala et al. (63) fanden, daß die Operation der Außenbänder bessere Bedingungen für die Regeneration der propriozeptiven Fasern schafft, als die konservative Therapie. Ihre konservativ behandelte Gruppe berichtete über mehr Angst vor dem Umknicken, als die operative Vergleichsgruppe.

Die primäre Bandnaht scheint bei einer frischen Außenbandruptur demnach die sinnvollste Behandlungsmethode zu sein. Voraussetzung ist, daß die Hautverhältnisse zur Vermeidung eines Infektes möglichst intakt sein müssen, es sollte kein wesentliches Hämatom vorliegen und der Allgemeinzustand des Patienten muß den Eingriff zulassen können. Bei einer stärkeren Schwellung soll die primäre Bandnaht noch bis zu einem Zeitintervall von maximal 10 Tagen möglich sein.

Zusammenfassend kann für die operative Therapie gesagt werden (102):

- Entlastung des Hämarthros und der damit verbundenen, enzymatisch induzierten Knorpelläsion, dadurch Prophylaxe einer Chondropathie oder Gelenkarthrose.
- Sichere Diagnostik der möglichen Syndesmosenverletzung.
- Sichere Differenzierung der ligamentären Verletzung (22% Altverletzungen bei negativer Anamnese).
- Frühzeitiges Erkennen chondraler und osteochondraler Begleitverletzungen sowie von Bandausrissen, welche radiologisch nicht erkannt werden und deren Therapie.
- Erkennung und Sanierung von Flake - Frakturen.
- Anatomisch genaue Rekonstruktion. Durch optimale Wiederherstellung der geschädigten Weichteilstrukturen bleibt die absolute Menge des ungerichteten Narbengewebes geringer.
- Sichere Naht.
- Geringes Operationsrisiko.
- Erreichen einer maximalen Stabilität im Vergleich zur konservativen Therapieform.
- Verbesserte Propriozeption.

Im Unterschied zur konservativen Therapie birgt die Operation aber auch einige spezifische Komplikationsmöglichkeiten, die hier ebenfalls zusammenfassend genannt werden sollen (102):

- Wetterfähigkeit der Narbe.
- Vermehrte Schwellneigung.
- Sensibilitätsstörungen oder Narbenschmerzen, Narbenreizungen.
- Wundheilungsstörungen.
- Infektionen.
- Thrombose und Embolie.

## Konservative Therapie

In einer vergleichenden Untersuchung stellten Sommer et al. (111) fest, daß der subjektive und röntgenologisch bestätigte gute Stabilitätszustand nach einer funktionellen, konservativen Behandlung gegen eine operative Versorgung der fibularen Kapselbandruptur spricht. Allerdings wurde die operativ therapierte Gruppe noch immobilisierend im Unterschenkelgips für drei Wochen behandelt, während die konservative Gruppe frühfunktionell mit Zinkleimverbänden und Tapeverbänden nachbehandelt wurde. Bei gleichem radiologischem Stabilitätszustand in der Nachuntersuchung spricht der höhere Stabilitätsgewinn der konservativen, frühfunktionellen Behandlungsgruppe für diese Art der Versorgung.

In einer weiteren Untersuchung verglichen Sommer et al. (112) verschiedene konservative Behandlungsmethoden, diesmal unter Zuhilfenahme einer sprunggelenkstabilisierenden Orthese. Die Orthesengruppe wurde mit einer Immobilisationsgruppe und einer frühfunktionellen mit Zinkleim- und Tapeverbänden behandelten Gruppe verglichen. Es zeigte sich, daß sich die frühfunktionelle konservative Therapie mit der Orthese als die Therapie mit dem besten Stabilitätsergebnis und den geringsten Diagnostik- und Behandlungskosten erweist.

Klein et al. (59) stellten in einer randomisierten Studie ebenfalls Unterschiede zwischen der frühfunktionellen konservativen Behandlung mit Orthese und der konservativen immobilisierenden Behandlung fest. Die Bewertung erfolgte anhand eines eigenen validierten Fragebogens und eines selbst entwickelten Scores. Außerdem wurde eine radiologische Stabilitätsprüfung durchgeführt. Die frühfunktionell behandelte Gruppe erreichte signifikant bessere Scorewerte als die immobilisierte Gruppe. Ebenso waren die radiologische Werte im Durchschnitt signifikant zugunsten der frühfunktionellen Orthesengruppe unterschiedlich. Er empfiehlt die primär frühfunktionelle, konservative Therapie als Therapie der Wahl.

In einer retrospektiv gestalteten Studie untersuchten Klein et al. (58) 179 Basketball Bundesligaspieler und teilte diese entsprechend ihrer Behandlungsrichtung in 3 Gruppen ein:

Für die Parameter Umknickneigung, Stabilität, Schwellneigung, Sportfähigkeit und Schmerz zeigten sich bei der Auswertung Nachteile für die Gipsbehandlung. Die Immobilisation schien dabei der wesentliche Faktor für die schlechten Ergebnisse zu sein. Funktionell behandelte und Operierte erreichten ähnliche Behandlungsergebnisse. Aufgrund der deutlich längeren Rehabilitationsphase nach operativer Therapie empfiehlt Klein die konservativ - funktionelle Behandlungsmethode.

Faßt man diese vier Studien zusammen, so läßt sich bezüglich der frühfunktionell - konservativen Therapie im Vergleich zur operativ - immobilisierenden Therapie folgendes feststellen:

- Radiologisch höherer Stabilitätsgewinn, bei annähernd gleichen Ergebnissen bezüglich subjektiver und objektiver Parameter.
- Mögliche Orthesennachbehandlung oder Tapebandagierung.
- Kürzerer Behandlungsverlauf mit stabiler Kapsel - Band Narbe.
- Rasche Rehabilitation mit früher Beweglichkeit und Belastbarkeit ohne größere muskuläre Defizite.
- Kurze Arbeitsunfähigkeit und rasche Sportaufnahme.
- Geringe Kosten.
- Kurze oder keine Thromboembolieprophylaxe.

## 2.5 Rehabilitation nach Außenbandverletzungen am oberen Sprunggelenk

Die Rehabilitation wird mit dem Ziel durchgeführt, die physiologische Gelenkfunktion wieder herzustellen. Dabei achtet man sowohl auf die passiven Gelenkstabilisatoren wie Knochen und Kapselbandstrukturen und auf das Training einer möglichst leistungsfähigen Muskulatur zur aktiven Gelenkstabilisierung, als auch auf neuromuskulär – koordinatives Training zur Verbesserung der Propriozeption. Die Rehabilitation von Sportlern verfolgt zudem noch das Ziel, die Wiederherstellung der Trainings- und Wettkampffähigkeit so vollständig und so rasch wie möglich zu erreichen.

Ungenügende Wiederherstellungsmaßnahmen mit nachfolgenden Gelenkinstabilitäten, Gelenkbewegungseinschränkungen, Muskeldysbalancen, Koordinationsstörungen und Muskelinsuffizienzen sind in hohem Maße für das Wiederauftreten von Verletzungen mitverantwortlich. So erfordert die Rehabilitation ein äußerst enges Zusammenarbeiten zwischen dem verletzten Sportler, dem Physiotherapeuten, dem Sportlehrer und Trainer, dem Krankengymnasten und dem behandelnden Arzt.

### 2.5.1 Isokinetische Trainingstherapie

Speziell zum Aufbau einer normalen Gelenkfunktion und zur äußeren aktiven Stabilisierung des Gelenkes durch eine leistungsfähige Muskulatur wurden isokinetische Trainingstherapiegeräte entwickelt. Während der Muskelverkürzung im isokinetischen Muskeltraining wird die Last verändert und eine wirksamere Beanspruchung des arbeitenden Muskels unabhängig von seinem Wirkungsgrad erzielt. Die Kraftzunahme der Muskulatur erfolgt mit dieser Methode sehr schnell, ebenso wird die Ausdauer rasch verbessert (2).

Nachfolgend wird das in der vorliegenden Arbeit verwendete, isokinetische Trainings- und Testgerät der Firma Chattex Neusport Cop., der Kinetik - Computer, Abkürzung Kin - Com ® beschrieben. Der Kin - Com ® besteht aus einem hydraulischen System und wird mittels eines Mikrocomputers kontrolliert. Durch dieses computergesteuerte, bildschirmkontrollierte und genau in Geschwindigkeits-, Kraft- und Winkelparametern festgelegte Training ist ein besonders schonendes Aufbautraining nach Sportverletzungen möglich.

Der Proband führt eine Bewegung gegen einen Widerstand durch, den die Maschine über einen Hebelarm entwickelt. Dabei werden drei Signale erzeugt:

- Kraft durch den Kraftaufnehmer,
- Winkel durch den Elektrogoniometer,
- Winkelgeschwindigkeit durch den Tachometer.

Diese Signale werden über einen Analog – Digital - Wandler verarbeitet und auf den Bildschirm als Kurven- oder Balkendiagramme angezeigt. Nach der Verarbeitung dieser drei Signale öffnet oder schließt der Computer seine Servoventile, um die Kraft oder Geschwindigkeit des Hebelarms zu verändern. Diese Veränderungen werden mit einer Frequenz von 100 Herz durchgeführt.

Der Kin - Com ® generiert Befehle, die vom Benutzer selektiert worden sind für die Kontrolle und Überwachung der Aktivität des Hebelarms und des Lastenaufnehmers. Man kann mit ihm konzentrische, exzentrische oder isometrische Arbeitsweisen der Muskulatur bei verschiedenen Winkelgeschwindigkeits- und Belastungsvorgaben trainieren und testen. Es ergeben sich somit folgenden Optionen:

- Selektion der Übungsmodi (isometrisch, isotonisch, isokinetisch, passiv),
- Selektion der Art der Übung (konzentrisch - konzentrisch, konzentrisch - exzentrisch, exzentrisch - konzentrisch, exzentrisch - exzentrisch, passiv - passiv),
- Selektion der Winkelgeschwindigkeit,
- Selektion der Wiederholungen,
- Selektion des Aktionswinkels der Bewegung.

Durch die sich so ergebene Vielfalt der verschiedenen Einstellungen können die Ergebnisse sowohl im Trainings- als auch im Rehabilitationsprozess für die Ermittlung und Diagnostik der momentanen Kraftwerte sinnvoll genutzt werden.

Dabei ermittelt der Kin - Com ® bei eingelenkig durchgeführter Messung das schwächste Teiglied einer Muskelkette, wenn eine fixe Messposition vorliegt. Es lassen sich sowohl die muskulären Dysbalancen einzelner Muskeln präzise zuordnen als auch gezielt auftrainieren, die Grundkraft wird schonend wiederhergestellt und Gelenkverletzungen können kompensiert werden.

Problematisch ist, daß der gleichförmige, konstant gehaltene Bewegungsablauf den motorischen Alltagserfahrungen widerspricht. Dort treten nämlich Beschleunigungen und Verzögerungen in unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf. Somit muß die gleichförmige Bewegungsgeschwindigkeit des Trainings- und Testgerätes in eine physiologische, ballistische Bewegung im Alltag übertragen werden.

### **2.5.2 Physikalische Therapie, Krankengymnastik und Medizinische Rehabilitation**

Noch vor Beginn einer einsetzenden Muskelatrophie und vor einsetzenden Beweglichkeitseinschränkungen wird mit der Mobilisation des Gelenkes begonnen. Sie verhindert Adhäsionsbildungen im Gelenk. Die Durchblutung der Gelenkkapsel und der Ligamente wird verbessert, Gelenkdetritus und Gelenkerguß werden schneller resorbiert und der Gelenkknorpel wird durch Walkbewegungen besser ernährt.

Die adaptierten Bänder heilen so schneller, erhalten ihre volle Funktion und richten ihre Strukturelemente entlang den vorgegebenen Zugrichtungen aus (**2, 17, 129**).

Zur Wiedergewinnung der vollen Muskelkraft wird mit den auch beim isokinetischen Trainingssystem gebräuchlichen Trainingsmodi im Rahmen der Krankengymnastik gearbeitet. Dazu zählen isometrisches, isotonisches, isokinetisches und reaktives Muskeltraining. Die Belastbarkeit der verletzten Extremität wird dem Schmerz und Schwellungszustand angepaßt und soll, eine kontinuierliche Steigerung vorausgesetzt, möglichst rasch zur vollen Belastungsfähigkeit führen. In vielen Fällen ist bei den Patienten bis zur vollständigen Belastungsfreigabe eine Gangschulung notwendig. Unter Teilbelastung der frisch verletzten oder frisch operierten Extremität wird ein möglichst physiologisches Gangbild geübt, um eine zusätzliche Überlastung der anderen Gelenke zu vermeiden. In der Regel geschieht dies für einige Tage an Gehstützen.

Eine wichtige krankengymnastische Technik ist in diesem Zusammenhang die "Propriozeptive Neuromuskuläre Faszilitation" (PNF)(**21**). Durch komplexe Bewegungsmuster unter Ausnutzung propriozeptiver Leitungswege erreicht man eine Stimulation bzw. Kräftigung der Muskulatur, hier gezielt der Rumpf- und Extremitätenmuskulatur. Neben der Kräftigung sind Normalisierung des Muskeltonus, Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten, Abbau von evtl. bestehenden pathologischen Bewegungsmustern, Einschleifen physiologischer Bewegungsformen und

Muskeldehnung Ziele dieser Methode. Die Komplexbewegungen stellen durch ihre dreidimensionalen, spiral- und diagonalförmigen Bewegungsmuster eine optimale Methode auch im Rahmen der Prävention dar.

Koordination, Mobilisation und Kräftigung muskuloartikulärer Funktionsketten werden ebenfalls im Rahmen der "funktionellen Bewegungslehre" (FBL) geübt (22). Dies ist eine Methode, in der die exakte Beobachtung von Statik und Bewegung in den Therapieprozeß integriert und mitverarbeitet wird. Reaktive Übungen und provozierte Gleichgewichtsreaktionen sind Hauptbestandteile der FBL.

Unter der Bezeichnung "Medizinische Trainingstherapie" (22) werden alle Ergänzungen und Erweiterungen bereits bestehender krankengymnastischer Techniken aus der Trainingslehre im Sport verstanden. Für die Behandlung wird ein gezieltes Aufbautraining mit und ohne Geräte erstellt, wobei Frequenz der Übungen, Anzahl der Wiederholungen, Gewichtseinstellungen am Gerät und Bewegungsausmaß dem aktuellen Zustand angepaßt werden können.

Nach Verletzungen der Kapselbandstrukturen am oberen Sprunggelenk kommt es zum Ausfall oder zu einer massiven Störung der Afferenzfähigkeit und damit zu Ungenauigkeiten in der Kinästhetik (6). Im Rahmen der Rehabilitation sowie auch bei der Prävention von Sprunggelenkverletzungen stellt aus diesem Grund gezieltes koordinativ - propriozeptives Training eine anerkannte Methode dar (29). Ziel des koordinativ – propriozeptiven Trainings ist es, durch ständige Wiederholungen ein bestimmtes Bewegungsmuster im sogenannten Bewegungsspeicher einzuprogrammieren, aktive Stabilisatoren durch Rekrutierung aller zur Verfügung stehenden periartikulären Muskeln zu erreichen und maximale Neuaktivierung aller durch die Verletzung verlorengegangenen propriozeptiven Reflexmuster zu erzielen. Diese Neuaktivierung ist als Kernstück des koordinativ–propriozeptiven Trainings anzusehen.

Es schult und verbessert nicht nur die Reflexbereitschaft der trainierten Muskulatur auf mechanische Reize, sondern wirkt sich ebenso effektiv auf die Kontraktionseigenschaft der Muskulatur aus. Ein sinnvoll durchgeführtes koordinatives Training reduziert nachfolgend auch die Anzahl der Wiederholungsverletzungen signifikant (98).

Um einen Hinweis auf die Effektivität eines speziellen Koordinationstrainings mit Hilfe von Holzkippbrettchen und eines spezifischen Krafttrainings mit Hilfe elastischer Latexbänder zu erhalten, führte Scheuffelen (99) eine experimentelle Studie durch. Er arbeitete heraus, daß intensives Training der propriozeptiven Reflexe nicht nur die Reflexbereitschaft der Muskulatur auf mechanische Reize, sondern auch die Kontraktionseigenschaft und Kraftfähigkeit der Muskulatur effektiv verbessert. Dabei zeigt kombiniertes Training von Kraft und Reflexen / Propriozeption auf den Holzkippbrettchen bessere Resultate in der aktiven Sprunggelenkstabilisierung als reines Krafttraining.

Die physikalische Therapie beinhaltet ihrerseits verschiedene Therapieformen, die nachfolgend erläutert werden sollen. Die Techniken der physikalischen Therapie und der Krankengymnastik können in passive und aktive Anwendungen unterschieden werden. Beide können kombiniert zur Anwendung kommen.

Unmittelbar nach der Verletzung oder nach der Operation tritt die manuelle Lymphdrainage (22) in den Vordergrund. Dabei wird der Abfluß von Gewebsflüssigkeit und Lymphe durch Ausstreichungen und intermittierende Drückungen angeregt. Mit nach proximal gerichtetem Druck wird oberhalb des Lymphstaus begonnen und nach distal vorgearbeitet.

In der Frühphase gelangen bestimmte Techniken aus der Manuellen Medizin zum Einsatz. Die Traktionsbehandlung und die Gleittechniken dienen der Gelenkmobilisation und gleichzeitig der Schmerzlinderung.

Die krankengymnastischen Übungsbehandlungen beziehen nicht nur den Bereich um das obere Sprunggelenk, sondern den ganzen Patienten mit ein. Grundlage ist dafür die aktive Mitarbeit des Patienten, um unwillkürliche Vorspannungen und Verkrampfungen der Muskulatur auszuschalten. Das Ziel besteht darin, eine physiologische Beweglichkeit und ausgeglichenen muskuläre Verhältnisse wieder herzustellen. Im koordinativen Sinne werden dabei sowohl Agonisten als auch Antagonisten der Gelenkmuskulatur beansprucht. Zum Teil werden komplexe Bewegungsabläufe auf neurophysiologischer Basis erlernt, dadurch wird die neuromuskuläre Leistungsfähigkeit insgesamt verbessert, das Gelenk wird nicht mehr isoliert, sondern im Rahmen einer funktionellen Kette beansprucht.

Mit der Bezeichnung Elektrotherapie werden alle Behandlungen zusammengefaßt, bei denen die Elektrizität unmittelbar zur Anwendung kommt.

Die Behandlung von schmerzhaften Zuständen ist die häufigste Indikation der Elektrotherapie. Die schmerzlindernde Wirkung der Elektrotherapie beruht auf zwei Mechanismen, dem Überdeckungseffekt nach dem gate – control - Prinzip und dem Gegenirritationsprinzip der schmerzhaften Reizung (22). Diadynamische Ströme sind lange, niederfrequente Reizströme mit Gleichstrom- und Impulsstromanteilen. Es werden 5 Stromqualitäten unterschieden, die einzeln oder kombiniert angewandt werden. Sie wirken alle analgesierend und hyperämisiert. Neben dem Prinzip der Gegenirritation tragen möglicherweise weitere Prozesse, wie Hyperpolarisation von Membranen und Veränderungen des Ionenmilieus zur analgetischen Wirkung bei (106).

Ultrareizstrom wirkt ebenfalls stark analgesierend, antiphlogistisch und hyperämisiert und zusätzlich noch entzündungshemmend.

Die Interferenzstromtherapie macht sich zwei sich kreuzende, mittelfrequente Stromkreise mit unterschiedlichen Wechselströmen zunutze. Dabei werden endogen wirksame Schwingungen erzeugt. Die Wirkungsweise entspricht weitgehend derjenigen der diadynamischen Ströme, die Interferenzstromtherapie wirkt zudem noch resorptionsfördernd. Ein weiterer Vorteil liegt in der tiefgehenden Wirkung ohne jedoch die Gefahr der Hautreizungen zu verursachen.

Die Vorteile der Diadynamik und der Interferenzstromtherapie finden Anwendung in der Hochvolttherapie. Niedrige Frequenzstufen (bis 20Hz) wirken eher tonisierend und durchblutungsfördernd, während höhere (mehr als 30Hz) Frequenzen analgesierende, detonisierende Wirkung zeigen. Zudem können durch diese Impulsanwendung weder Verbrennungen noch Verätzungen der Haut unter den Elektroden auftreten, wie das bei der Diadynamik geschehen kann.

Eine Mikromassage im Weichteilgewebe wird durch Ultraschalltherapie ermöglicht. Bei der Ultraschalltherapie wird im Frequenzbereich von 800.000-1.000.000 Hertz gearbeitet. Die vom Schallkopf erzeugten longitudinalen Schallwellen bewirken zum einen einen Druckwechsel im Gewebe und damit eine mechanische Vibrationswirkung. Zum anderen wird die ins Gewebe eingeleitete Schallenergie im Gewebe abhängig von der Eindringtiefe in Reibungsenergie umgewandelt und bewirkt eine Wärmeentwicklung mit nachfolgender Vasodilatation. An Gewebsgrenzschichten kann es durch die erhöhte Energieumsetzung zu Überwärmungsphänomenen kommen (Periostschmerz). Am Knochen wird der Schall reflektiert, die Eindringtiefe ist bis ca. 8 cm möglich. Die Wirkungsweise ist analgesierend, permeabilitätssteigernd, hyperämisiert und muskelrelaxierend. Ultraschall löst Gewebsverklebungen und wirkt anregend auf die Regenerationsfähigkeit. Zudem besteht die Möglichkeit, Medikamente durch die Haut zu transportieren, wobei entsprechende Salben als Kopplungssubstanzen aufgetragen werden (Phonophorese). In der akuten Phase der Kapselbandruptur findet niedrig intensiver, kurz dauernder Impulsschall Anwendung, während bei chronischen Prozessen eher Intensität und Dauer bei

Verwendung von Dauerschall gesteigert werden. Sehr hohe Schalldosen können durch ihre Zug – Druck - Wirkung gerade an Gewebsgrenzflächen zu irreversiblen Zellschädigungen mit Gewebszerreißen führen. Dabei entsteht ein eher azidotisches Gewebsumilieu, während therapeutische Dosen alkalotische Gewebsverhältnisse herstellen. Alkalotische Verhältnisse steigern den Intermediärstoffwechsel, steigern ebenfalls die Diffusionsgeschwindigkeit und begünstigen die Oxydation. Allgemein werden durch Ultraschall cutiviszerale Reflexbögen aktiviert, diese Aktivierung ist ihrerseits verantwortlich für die vegetativ stimulierenden Effekte.

Kombinationen verschiedener Stromformen erzielen bessere Ergebnisse, die Wirkungsweisen verstärken sich gegenseitig, jedoch ohne das Gewebe zu schädigen.

Das „Cryo Cuff“® Kühl- und Kompressionssystem der Firma Aircast kommt schon unmittelbar postoperativ und zwischen den krankengymnastischen Übungsbehandlungen sowie zum Abschluß jeder therapeutischen Sitzung zur Anwendung. Es besteht aus einem flüssigkeitsfüllbaren, das Sprunggelenk wie ein Schuh umfassenden Manschette mit isolierter Außenfläche, einem etwa 4 Liter umfassenden Kühl- und Thermobehälter und einem Schlauch, der beide Komponenten miteinander verbindet. Der Behälter wird mit einem Gemisch aus Eis und Wasser gefüllt, die Manschette um das Sprunggelenk gelegt und mit einem Reißverschluß bzw. mit Klettbindern befestigt. Der Verbindungsschlauch wird an der Manschette angeschlossen, das Druckausgleichsventil am Kühlbehälter geöffnet und der Behälter ca. 40cm über die Manschette angehoben. Diese füllt sich dann mit dem Eiswasser aus dem Behälter. Um den entstandenen Kompressionsdruck noch zu erhöhen, muß der Behälter weiter angehoben werden. Anschließend wird der Schlauch entkoppelt und das Druckausgleichsventil wieder verschlossen. Das Eiswasser im Thermobehälter hält seine Temperatur etwa 5-6 Stunden.

Die Langzeitkältetherapie bewirkt über den Temperaturrückgang im Gewebe eine Verlangsamung der Stoffwechsellvorgänge und einen Rückgang der Durchblutung. Dieses bewirkt eine Hemmung der Entzündungsreaktion sowie eine Reduktion von Gewebeschäden. Das bedeutet geringeres Wundödem und weniger Schmerzen, woraus eine Abnahme der Schmerzmittelmedikation und eine beschleunigte Mobilisation resultieren kann.

Die Kompression verringert ebenfalls die Durchblutung im Gewebe und sie bremst den interstitiellen Flüssigkeitseinstrom und somit die ödematöse Schwellung. Der Kompressions- und Kühlschuh gewährt eine gleichmäßige Druckverteilung über der gesamten Fläche. So treten keine Druckstellen oder Abschnürungen auf, ebensowenig wie Erfrierungen oder Lähmungen oberflächlicher Nerven.

### 2.5.3 Orthesen

Im allgemeinen dienen Orthesen als äußere Kraftträger und sollen die verschiedensten Funktionen, wie Stützung, Fixation, Stabilisierung, Redression, Entlastung, Immobilisation, Mobilisierung und Längenausgleich erfüllen. Am Sprunggelenk ist die Stabilisierungs- und Teilimmobilisationsfunktion am bedeutendsten. Orthesen haben sich als Alternative zur Gipsbehandlung weitgehend durchgesetzt. Inzwischen sind neben dem stabilisierenden Tapeverband eine Vielzahl weiterer Sprunggelenkorthesen mit zum Teil sehr unterschiedlichen Konstruktionsprinzipien entwickelt worden. Besonders der Freizeit- und Breitensportler, dem im Gegensatz zum Leistungssportler keine ständige medizinische und physiotherapeutische Betreuung für die fachkompetente Applikation von Tapeverbänden zur Verfügung steht, ist mit der wiederverwendbaren Orthese eine einfache Form der externen Sprunggelenkstabilisierung an die Hand gegeben. Zudem ist regelmäßiges Taping der Sprunggelenke teurer, als die Stabilisierung mit einer wiederverwendbaren Orthese.

1979 wurde von Spring (114) ein Stabilschuh in Europa eingeführt. Sowohl die entwickelten Orthesen als auch dieser Stabilschuh erlauben eine frühe Belastung des Sprunggelenkes und abhängig von der

Belastungsfähigkeit auch eine schnellere Wiedereingliederung in das Berufsleben und in den sportlichen Alltag.

Es existieren sowohl statische als auch funktionelle Untersuchungen, die Stabilisierungseffekte der Orthesen, des Stabilschuhs und von Tapeverbänden getestet haben. Überwiegend handelt es sich dabei um statische Verfahren, wo mit gehaltenen Röntgenaufnahmen bei chronischer Instabilität (68, 101) oder am Leichensprunggelenk eine Reduktion des Taluskippwinkels erzielt wurde. Gross et al. (43, 44) und Greene et al. (41) prüften den Einfluß verschiedener Orthesen sowie von Tapeverbänden auf die passive Beweglichkeit der Sprunggelenke. Die Ergebnisse zeigten, daß sowohl die Tapeverbände, als auch die unterschiedlichen Orthesen eine signifikante Bewegungslimitierung des oberen Sprunggelenkes bewirken. Die Angaben schwanken je nach Orthese und Versuchsanordnung zwischen Reduktionswerten von 10-85%. Kimura et al. (57) haben in ihrer Arbeit zum Stabilisierungsverhalten der Aircast ® Orthese schon die Vermutung geäußert, daß diese durch ihre besondere Applikationsform an der Haut eine zusätzliche propriozeptive Rückmeldung ermöglicht. Schenker (97) untersuchte die unterschiedliche Propriozeptivität einer Schnürorthese und eines Tapeverbandes und konnte mit Hilfe eines Winkelreproduktionstestes aufzeigen, daß sich die Propriozeptivität der Sprunggelenke zwar durch äußere Stabilisierungshilfen positiv beeinflussen läßt, diese Beeinflussung aber beim Tapeverband unterbleibt. Jerosch et al. (51) haben anhand von 3 durchgeführten propriozeptiven Tests ebenfalls eine signifikante Verbesserung der Propriozeptivität durch Orthesenapplikation im Vergleich zum nicht stabilisierten Sprunggelenk erzielen können, auch hier zeigte der Tapeverband diese Wirkung nicht. Alt et al. (1) haben für den Tapeverband, aber auch für andere Sprunggelenkorthesen über die Bestimmung eines propriozeptiven Verstärkungsfaktors eine propriozeptive Wirkung diskutiert. Insgesamt kann man also davon ausgehen, daß Orthesen neben der stabilisierenden Wirkung auch über propriozeptive Einflußmechanismen verfügen, die allerdings noch nicht ausreichend untersucht sind.

### **3. Zielstellung und Hypothesenbildung**

#### **3.1 Ziel der Studie**

Zentrale Frage der Studie ist es, ob die Wahl der Therapieform – operativ oder konservativ – das Behandlungsergebnis beim Leistungssportler beeinflusst.

Mit einer weiteren Fragestellung wird geprüft, wie sich ein neuartiges, dynamisches und frühfunktionelles Nachbehandlungsschema auf den Heilungsverlauf und das Heilungsergebnis bei Kapselbandverletzungen am oberen Sprunggelenk des Leistungssportlers auswirkt.

Mit einer dritten Fragestellung wird der therapeutische Wert zweier unterschiedlich konstruierter, äußerer Stabilisierungshilfen vergleichend geprüft.

#### **3.2 Hypothesenbildung**

Die Null - Hypothesen wurden wie folgt definiert:

1. Das Behandlungsergebnis zwischen der operativen und konservativen Therapieform unterscheidet sich nicht.
2. Das Behandlungsergebnis zwischen der mit dem Stabilschuh behandelten Gruppe und der mit der Schiene behandelten Gruppe unterscheidet sich nicht.
3. Das Behandlungsergebnis zwischen den vier gebildeten Behandlungsgruppen unterscheidet sich nicht.
4. Das Nachbehandlungsschema hat keinen Effekt auf die Wiederherstellung der Sportfähigkeit.

## 4. Material und Methodik

### 4.1 Auswahl der Sportler

Die orthopädische Abteilung des Sportmedizinischen Instituts Frankfurt betreut in Zusammenarbeit mit dem Olympiastützpunkt Frankfurt – Rhein - Main und dem Landessportbund Hessen Bundeskaderathleten der Kaderklassen A, B und C sowie D - Kader Athleten des Landes Hessen.

Aus diesem Athletenkreis wurden die am oberen Sprunggelenk verletzten Sportler nach Diagnosesicherung und nach Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien sowie Mithilfe von Zufallstafeln prospektiv und randomisiert in vier Gruppen eingeteilt (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Gruppeneinteilung

Gruppe A	Operation	Adipromed-super ® Stabilschuh
Gruppe B	Operation	Aircast ® Orthese
Gruppe C	Konservative Therapie	Adipromed-super ® Stabilschuh
Gruppe D	Konservative Therapie	Aircast ® Orthese

Aufgrund der geplanten statistischen Auswertung der Ergebnisse wurde nach Rücksprache und Fallzahlplanung mit dem Institut für Biomathematik der Universität Frankfurt für jede gebildete Gruppe eine Fallzahl von  $n = 25$  Patienten angestrebt.

### 4.2 Definition der zu testenden Gruppen

- Gruppe A Operation und Stabilschuh
- Gruppe B Operation und Schiene
- Gruppe C Konservative Therapie und Stabilschuh
- Gruppe D Konservative Therapie und Schiene
- Gruppe Operativ           Alle Operierten
- Gruppe Konservativ       Alle konservativ Behandelten
- Gruppe Stabilschuh       Alle mit dem Adipromed-super ® Stabilschuh Behandelten
- Gruppe Schiene            Alle mit der Aircast ® Orthese Behandelten

### 4.3 Ein- und Ausschlusskriterien

Die Einschlusskriterien definierten sich wie folgt:

- frische Kapsel - Bandverletzung,
- A-D Kaderathlet
- sicherer (klinischer und radiologischer) Nachweis einer Außenbandruptur am lateralen oberen Sprunggelenk als Erstverletzung,
- radiologisch mindestens  $7^\circ$  Aufklappbarkeit in Taluskipfung und 7 mm Schublade im Talusvorschub bei gehaltener Aufnahme im Scheubagerät oder mindestens  $5^\circ$  oder 5 mm Seitendifferenz,

- Bereitschaft zur randomisierten Einteilung in eine der vier Behandlungsgruppen mit schriftlichem Einverständnis,
- Bereitschaft, ein 4wöchiges intensives Nachbehandlungsschema mit dem Schwerpunkt der frühfunktionellen Therapie durchzuführen (schriftliches Einverständnis),
- Bereitschaft, zu den festgesetzten Nachuntersuchungsterminen zu erscheinen.

Als Ausschlußkriterien wurden definiert:

- Rezidivverletzung
- Begleitverletzungen
- andere Begleiterkrankungen
- röntgenologisch degenerative Anzeichen am oberen Sprunggelenk
- festgelegter Therapiewunsch
- festgelegter Orthesenwunsch.

#### **4.4 Untersuchungsablauf, Diagnostik**

Die Studie fand mit Genehmigung der Ethikkommission der Landesärztekammer Hessen statt. Dem Patienten wurde zu Beginn ein Informationsblatt über den Ablauf der gesamten Studie ausgehändigt.

Nach Beendigung der Diagnostik wurde der Patient nach seinem Einverständnis zur Teilnahme an dieser Studie befragt. Die Teilnahme wurde schriftlich dokumentiert.

Die Untersuchungsdaten wurden auf einem Untersuchungsbogen festgehalten.

Nach primärer Feststellung der Gruppenzugehörigkeit per Randomisierung wurden als Patientendaten die Sportart, verletzte Seite, Alter und Geschlecht notiert. Genaue Daten bezüglich des Umknicktraumas wurden ebenfalls notiert, so der Unfalltag, die Unfalluhrzeit, der Unfallhergang, die Dauer bis zur ersten Behandlung (durch Mitspieler, Trainer, Physiotherapeuten ...) und der Zeitraum bis zur ersten Untersuchung durch einen Arzt.

Nach der klinischen Untersuchung wurde der Schmerzverlauf, die Gehfähigkeit, der aktive und passive Bewegungsschmerz sowie der Palpationsschmerz notiert. Im Seitenvergleich wurde dann die Instabilität klinisch geprüft und beurteilt, Schwellung und Hämatom mit exakter Lokalisation und Größe wurden ebenfalls festgehalten.

Die radiologische Untersuchung wurde nach Ausschluß knöcherner Verletzungen mit Hilfe des Haltegerätes nach Scheuba durchgeführt und mit der klinischen Untersuchung verglichen. Bei starker Diskrepanz wurde zusätzlich noch eine von Hand gehaltene Aufnahme bzw. eine Aufnahme unter Schmerzhemmung durch lokale Infiltrationsanästhesie angefertigt.

Eine Bandruptur wurde diagnostiziert, wenn klinisch und radiologische eindeutig eine Instabilität nachgewiesen wurde. Bei allen an der Studie teilnehmenden Sportlern wurde die klinische Untersuchung sowie die radiologische Beurteilung ebenso wie sämtliche Nachuntersuchungen vom selben Untersucher durchgeführt. Der Untersucher war nicht mit dem Operateur identisch.

## 4.5 Die Technik der lateralen Kapselbandnaht

### 4.5.1 Die Anästhesie

Sämtliche operativen Eingriffe wurden in Regionalanästhesie (47) durchgeführt, da diese Form der Schmerzausschaltung ideal für ambulante Operationen ist.

Für die Bandnaht am Außenknöchel ist es völlig ausreichend, nur die lateralen Anteile des distalen Unterschenkels zu betäuben. Hierbei kam ein modifizierter Fußblock zur Anwendung.

#### **Durchführung:**

Der partielle laterale Fußblock ist technisch äußerst einfach und risikoarm. Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten werden durch die subcutane Infiltration alle relevanten Nerven per diffusionem ausgeschaltet. Mit 10ml 1%igem Lokalanästhetikum (Carbosthesin ®) erfolgte eine Feldblockade von der Tibiavorderkante zur Fibula und von der Fibula zur Tibiahinterkante circa vier bis fünf Querfinger oberhalb des lateralen Malleolus. Zusätzlich wurde im Bereich der Schnittführung eine Infiltration mit 5ml des oben genannten Lokalanästhetikums durchgeführt. Als einzige Kontraindikation besteht hier die lokale Infektion im Bereich der Einstich- oder Operationsstelle.

Durch dieses Verfahren wurde absolute Analgesie im OP - Bereich in allen Fällen erreicht. Das Legen eines venösen Zuganges vor der Infiltration war obligat.

### 4.5.2 Die Operation

Alle Operationen wurden ambulant in einer chirurgischen Praxis mit entsprechender OP - Einheit durchgeführt.

Der Operateur war nicht mit dem Untersucher der Eingangs- und Nachuntersuchungen identisch. Der Eingriff erfolgte in Rückenlage und ohne Blutsperrung.

Als Zugang diente ein vor dem Außenknöchel gelegter bogenförmiger von ventral nach dorsal ziehender Hautschnitt unter Schonung der Äste des Nervus fibularis superficialis. Danach wurde ein selbsthaltender Wundsperrerr nach Weitlahner eingesetzt. Nach Darstellung des rupturierten Kapselbandapparates wurde der HämARTHROS ausgespült. Die Kapselbandnähte wurden mit 3-0 Vicryl Nahtmaterial zunächst vorgelegt und anschließend in Neutralstellung und Pronation des Fußes geknüpft. Eine zusätzliche fortlaufende überwendliche Naht des subcutanen Fettgewebes diente der Blutstillung. Der Hautverschluß erfolgte mit atraumatischer Rückstichnahttechnik.

Das Einlegen einer Redondrainage war nicht erforderlich.

Die Wunde wurde mit sterilem Pflaster- und Kompressenmaterial abgedeckt. Nach Wattepolsterung und elastischer Wickelung wurde eine Unterschenkelgipslonguette anmodelliert. Diese diente den operativ versorgten Patienten der Gruppe A im weiteren Nachbehandlungsverlauf zusätzlich als Nachtlagerungsschiene.

Die Thromboseprophylaxe erfolgte mit niedermolekularen Heparinen bis zur Vollbelastung.

## 4.6 Die äußeren Stabilisierungshilfen

Aus der Vielzahl der angebotenen Sprunggelenkorthesen sind für die Studie zwei Typen äußerer Stabilisierungshilfen unterschiedlicher Art ausgewählt worden. Diese sind nicht nur durch verschiedene konstruktive Prinzipien, sondern auch aufgrund der Häufigkeit ihrer Anwendung und Akzeptanz von besonderem Interesse. Ihre Wirksamkeit ist durch zahlreiche experimentelle und klinische Studien belegt.

### 4.6.1 Aircast ® Ankle Brace

Die Aircast ® Orthese wurde in den U.S.A. entwickelt und 1981 auf den deutschen Markt gebracht (119). Sie wird in verschiedenen Varianten angeboten. Zur frühfunktionellen Therapie der Kapselbandverletzungen am oberen Sprunggelenk wurde die stabilere Therapieschiene gewählt. Sie besteht aus zwei Hartplastikschalen, die sich medial und lateral an den Bereich des Sprunggelenkes und des distalen Unterschenkels anlegen lassen. Innenseitig sind diese Kunststoffschalen luftgepolstert. Der Füllungszustand der Luftpolster kann über ein Ventil nachreguliert werden und soll eine optimale Anpassung an den Unterschenkel ermöglichen. Unter der Ferse sind die beiden Schalen mit einem 3cm breiten, unelastischen Kunststoffzügel verbunden, welcher durch einen Klettverschluss an die individuelle Fußbreite angepaßt werden kann. Zur Vermeidung von Kontaktekzemen wird die Orthese über einem entsprechend langen Socken getragen. Die mediale und laterale Hartschale werden an den distalen Unterschenkel angedrückt, der Fuß belastet und die Schiene wird mit zwei weiteren, jeweils 2 cm breiten Klettbändern, eines unmittelbar supramalleolär, eines am proximalen Schienende zirkulär um den Unterschenkel befestigt. Ein Nachregulieren ist über Klettverschlüsse möglich.

### 4.6.2 Adipromed-super ® Stabilschuh

Beim Adipromed-super ® Stabilschuh handelt es sich um eine Weiterentwicklung des Stabilschuhs, den Spring et al. (114) entwickelten und der seit dieser Zeit zur gipsfreien Therapie bei der postoperativen und konservativen Behandlung von Außenbandrupturen eingesetzt wird. Das Prinzip des Stabilschuhs beruht auf einer limitierten Fixation der Sprunggelenke und des Fußes. Pro- und Supination sowie extreme Flektions- und Extensionsbewegungen sollen verhindert werden. In dem hochschaftigen Schnürschuh sind medial und lateral individuell anpaßbare und auswechselbare Stäbe aus Nylon zur Stabilisierung eingearbeitet, die die Knöchelregionen aussparen. Diese Stabilisatoren überlappen sich mit einer hohen, nach vorn verlängerten Fersenkappe, die ihrerseits wiederum fest mit der Brandsohle verbunden ist. Die Laufsohle hat ein griffiges und gleitsicheres Profil welches optimale Abrollvorgänge besonders im Vorfuß ermöglicht. Zur Erleichterung des An- und Ausziehens ist der Schaftschnitt so gewählt worden, daß sich der Schuh sehr weit nach vorne öffnen läßt und keine übermäßig starke Plantarflexion im oberen Sprunggelenk beim An- und Ausziehen des Stabilschuhs notwendig wird. Die Schuhe sind in den gängigen Konfektionsgrößen von 3 1/2 bis 14 erhältlich. Aus hygienischen Gründen mußte zur nächtlichen Ruhestellung den Patienten, die mit dem Adipromed-super ® Stabilschuh versorgt wurden, eine Scotch – Cast – U - Longuette angefertigt werden.

Im experimentellen biomechanischen Vergleich reduziert die Aircast ® Ankle Brace die mechanisch induzierte Inversion auf einer speziell angefertigten Umknickplattform um 65%, der Adipromed-super ® Stabilschuh erreichte 30% (69).

#### 4.7 Nachbehandlungsschema

Ausgehend von experimentellen, biomechanischen Untersuchungen (71, 90, 100, 101, 110, 128) wurde für die Nachbehandlung der lateralen Kapselbandverletzung des oberen Sprunggelenkes eine möglichst frühe Belastung der verletzten Extremität gefordert. Nach initialen antiphlogistischen und analgetischen Maßnahmen wurde die Belastung abhängig vom Schmerz- und Schwellungszustand in den ersten drei Tagen postoperativ bzw. posttraumatisch aufgebaut und freigegeben. Von Beginn der Behandlung an erfolgte die Mobilisation des Gelenkes zumindest unter Teilbelastung.

Ein neurophysiologisch, koordinativer Aufbau zur Schulung der sogenannten funktionellen Beinachse wurde vom ersten Tag an durchgeführt. Dabei kamen Stabilisationsübungen (z. B. auf speziell entwickelten Holzkippbrettchen) zur Verbesserung der Propriozeption (9, 33, 98), zur Kraftentwicklung der Peronealmuskulatur, zur Mobilisation (53) sowie zur Dehnung und Kräftigung der funktionellen Kette (89) zur Anwendung. Die physikalisch - krankengymnastische Behandlung erfolgte parallel von Anfang an ohne Orthese, jedoch immer unter Belastung des verletzten Beins.

Isokinetisches Training setzte unter Anleitung und unter der Aufsicht eines erfahrenen Therapeuten am Kinetik - Computer (Kin - Com ®) in der Regel am dritten Tag ein und wurde konzentrisch - exzentrisch für die Plantarflexion im geschlossenen System durchgeführt, um eine kontinuierliche Belastung des Fußes zu gewährleisten. Zu diesem Zweck wurde eine drehbare Fußplatte entwickelt, deren Achse, vorgegeben durch den Arm der Maschine, etwa parallel zur Achse des oberen Sprunggelenks unter dem Schuh angeordnet ist. Das labile Gleichgewicht des Fußes auf der Fußplatte ermöglicht einen besseren sensorisch - propriozeptiven Input und schult die sogenannte Muskelmantelspannung des oberen Sprunggelenks. Zunächst wurde auf die Schulung koordinativer Muster unter geringem Druck geachtet. Die Plantarflexion und Dorsalextension wurde initial mit geringen Bewegungsamplituden von 10/0/20 (DE/PF) Grad, später mit 10/0/40 (DE/PF) Grad unter verschiedenen Winkelgeschwindigkeiten (30-180 Grad pro Sekunde) trainiert. Das Kraftaufbautraining erfolgte erst nach einigen Tagen und zwar parallel zur zunehmenden Gelenkbeweglichkeit. Pro- und Supinationstraining wurde in der vierten Woche im Übergang zum disziplinspezifischen Belastungsaufbau in geringem Bewegungsumfang (20/0/20 Grad PRO/SUP) in der offenen Kette hinzugefügt.

Kontrollierte Sprungbelastungen (Hüpfen auf der Stelle) ab der zweiten Woche mit steigender Sprunghöhe (91), Fahrradfahren ab der zweiten und Dauerlauf ab der dritten Woche ergänzten das Übungsprogramm.

Die sportartspezifische und konditionelle Belastung wurde ab der vierten Woche aufbauend wieder zugelassen. Die Orthese mußte jedoch bis mindestens zur 6. Woche konstant auch nachts getragen werden. Eine Entfernung der Orthese erfolgte in diesem Zeitraum nur zur Körperpflege und zur physikalisch - krankengymnastischen Therapie. Der Nachtversorgung wurde eine besondere Bedeutung beigemessen, da im Liegen bei fehlender axialer Last der knöchernen Gelenkschluß des oberen Sprunggelenks nicht gewährleistet ist und somit die primär mechanische Stabilisationsfunktion außer Kraft tritt. Dadurch sind die ligamentär kapsulären Strukturen potentiell gefährdet. Nach der ersten Nachuntersuchung, daß heißt ab der sechsten Woche, sollte der Sportler ohne Orthese sukzessive wieder in den Wettkampf eingegliedert werden. Je nach Sportart konnte dabei kurzzeitig für 2-4 Wochen noch die Orthese oder ein stabilisierender funktioneller Klebeverband eingesetzt werden, um ein Abtrainieren von der Orthese zu ermöglichen.

## 4.8 Nachuntersuchungen

Die Nachuntersuchungen wurden nach 6 Wochen, 12 Wochen, 6 Monaten und 12 Monaten postoperativ bzw. durchgeführt (siehe Tab. 2). Die erste Nachuntersuchung beinhaltete im Rahmen der klinischen Untersuchung eine Stabilitätsprüfung im Seitenvergleich sowie eine Prüfung der Beweglichkeit aktiv und passiv wobei Defizite in Dorsalextension, Plantarflektion, Pronation und Supination ebenso wie eine noch vorhandene Schwellung im Bereich des oberen Sprunggelenks bewertet wurden. Bei der anschließenden Befragung des Patienten wurde die Umknickhäufigkeit, das Unsicherheitsgefühl, Angst vor dem Umknicken, Einschränkung bei sportlicher Tätigkeit und Schmerzempfinden erfragt. Schmerzempfinden, Beurteilung der Stabilität und die Zufriedenheit mit dem gesamten Heilungs- und Behandlungsverlauf wurden vom Patienten in einer Bewertungsskala von 1-6 angegeben.

Gleichzeitig wurde die Dauer der Arbeits- bzw. Schulunfähigkeit notiert.

Den sportmotorischen Teil der ersten Nachuntersuchung bildete der isokinetische Krafttest mit der Messung des maximalen isokinetischen Drehmomentes bei 60° pro Sekunde am Kinetik - Computer. Es wurde das maximale Drehmoment für Dorsalextensions- und Plantarflektionsbewegung beider Sprunggelenke in konzentrisch - konzentrischer Arbeitsweise erfaßt.

Zum Abschluß erfolgte ein propriozeptiv - neurophysiologisch, koordinativer Balancetest zur Überprüfung der muskulär - koordinativen Stabilisierungsfähigkeit auf den speziell für die Therapie entwickelten Holzkippbrettchen in zwei unterschiedlichen Achsenstellungen (longitudinal und diagonal in 35° Winkelstellung). Die Holzbrettchen hatten die Abmessung 12 mal 34 cm, auf der Unterseite war ein Halbrundholz mit einem Radius von 1,4 cm angebracht. Die maximale Neigung der Holzplattform betrug dabei jeweils 10°. Erfasst wurde jeweils die Standzeit bis zum Bodenkontakt des Brettchenrandes, wobei von drei Versuchen der jeweils Beste zur Auswertung gelang (70).

In der zweiten Nachuntersuchung nach 12 Wochen wurde statt der isokinetischen Testanordnung eine radiologische Kontrolle mit gehaltenen Aufnahmen durchgeführt. Die klinische Untersuchung und Befragung entsprach der ersten Nachuntersuchung.

In der Untersuchung nach 6 Monaten wurde der gleiche Untersuchungsgang wie nach 6 Wochen gewählt. Zur Prüfung der sportmotorischen Fähigkeiten wurden zusätzlich die reaktiven Sprungkrafttests "squat - jump" und "counter - movement - jump" (37) durchgeführt.

Die Untersuchung nach 12 Monaten war analog zum Untersuchungsgang nach 12 Wochen. Zusätzlich kamen die Sprungkraftuntersuchungen zur Anwendung.

Tabelle 2: Übersicht der Untersuchungsgänge

1. Untersuchung nach 6 Wochen					
	Anamnese	Klinik	Isokinetik	Brettchen	
2. Untersuchung nach 12 Wochen					
	Anamnese	Klinik	Radiologie		
3. Untersuchung nach 6 Monaten					
	Anamnese	Klinik	Isokinetik	Brettchen	Sprünge
4. Untersuchung nach 12 Monaten					
	Anamnese	Klinik	Radiologie		Sprünge

## 4.9 Score

Um den Wert der Behandlungsmethoden unter Einschluß aller Behandlungsmodalitäten insgesamt einzuschätzen und zu vergleichen, wurden die gewonnenen subjektiven und objektiven Parameter zu einem Bewertungs- oder Verletzungsscore zusammengefaßt, der sich an bereits in der Literatur dargestellten Scores orientiert (**62, 65, 83, 85, 132**).

Dieser Score beinhaltet klinische Untersuchungsergebnisse und radiologische Stabilitätskriterien und wurde nach 12 Wochen und nach 12 Monaten ermittelt.

Die Zusammensetzung der Scorepunkte fand folgendermaßen statt:

- Klinische Stabilitätsprüfung nach Talusvorschub und Taluskippung je mit 0-3 Punkten (stabil = 0 Punkte usw.)
- Radiologische Stabilitätsuntersuchung nach Talusvorschub und Taluskippung je mit 0-4 Punkten (0-3°/mm = 0 Punkte, 4-7°/mm = 1 Punkt usw.)
- Bewegungseinschränkung (0° = Punkte, -10° = 1 Punkt, -20° = 2 Punkte usw.)
- Beurteilung von Schmerzen (Note 1 = 0 Punkte usw.)
- Beurteilung von subjektivem Stabilitätsgefühl (Note 1 = 0 Punkte usw.).

Je höher die Scorepunktzahl, desto schlechter war die Gesamtbeurteilung.

## 4.10 Die statistische Auswertung

Die errechneten Daten wurden entsprechend den Vorgaben des Institutes für Biomathematik der Universität Frankfurt mit folgenden statistischen Methoden geprüft (**95**):

- Zwei Stichproben T - Test für abhängige Stichproben / Paarvergleichstest,
- zwei Stichproben T - Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen,
- Multifaktorielle Varianzanalyse und
- Maßkorrelation nach Pearson.

### 4.10.1 Testgütekriterien

#### Objektivität

Unter Objektivität eines Tests versteht man den Grad, in dem die Ergebnisse eines Tests unabhängig vom Untersucher sind.

Sämtliche anamnestischen und klinischen Daten wurden vom gleichen Untersucher erhoben. Sowohl Nachuntersuchungen, als auch die Vermessung der gehaltenen Aufnahme wurden vom selben Untersucher durchgeführt.

Die Operationen wurden nicht vom Untersucher, aber alle vom gleichen Operateur durchgeführt. Eine gegenseitige Beeinflussung der Ergebnisse konnte somit ausgeschlossen werden.

Die Durchführung der isokinetischen Tests wurden von einem erfahrenen Diplomsporthelehrer beaufsichtigt und durchgeführt, der keinen Einblick in die klinischen oder radiologischen Ergebnisse hatte.

Nach einem standardisierten Aufwärmprogramm wurden die Testdaten nach dem Erläutern der speziellen Testanweisungen für alle Teilnehmer der Studie am gleichen Gerät erhoben.

Die Auswertung der gesamten erhobenen Daten wurden mit Hilfe eines Personalcomputers durchgeführt.

**Reliabilität**

Unter Reliabilität versteht man den Genauigkeitsgrad, mit dem ein Test ein bestimmtes Merkmal erfaßt.

Bei dieser Studie wurden keine eigenen Reliabilitätsuntersuchungen durchgeführt, es erfolgte eine Anlehnung an bereits veröffentlichte Prüfungen.

Eine spezielle Studie am Kin - Com Gerät führten Highenboten et al. durch (46). Sie gaben einen Reliabilitätskoeffizienten für den Kin - Com von  $r = 0,88$  an.

Andere Autoren (26) geben Validitäts- und Reliabilitätskoeffizienten von  $r = 0,95$  bis  $r = 0,99$  für verschiedene Testfunktionen des Gerätes an.

**Validität**

Unter Validität versteht man, ob ein Test tatsächlich das Merkmal mißt, für dessen Messung er herangezogen wird.

Sowohl Reliabilität als auch Validität der isokinetischen Testverfahren werden bei regelmäßiger Eichung, bei Einheitlichkeit hinsichtlich des Geräteaufbaus und der Testdurchführung und bei entsprechender Motivation des Patienten als hinreichend betrachtet (19).

Durch Einschränkung der Anzahl der beteiligten Personen, Standardisierung der Untersuchungsgänge und Testreihen, ausreichende Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messergebnisse und regelmäßiger Prüfung der geforderten Testgütekriterien werden Objektivität, Reliabilität und Validität dieser Studie als hinreichend betrachtet.

## 5. Ergebnisdarstellung

### 5.1 Darstellung des Untersuchungskollektivs

Die insgesamt 100 Sportler wurden nach der Entscheidung zur Teilnahme an der Studie prospektiv und randomisiert in vier Behandlungsgruppen zu je 25 Athleten eingeteilt.

Nach der Auswertung aller 4 Nachuntersuchungen verblieb ein Gesamtkollektiv von insgesamt 93 Sportlern (siehe Tab. 3), wovon 50 operiert und 43 konservativ therapiert wurden, 45 erhielten den Adipromed-super ® Stabilschuh, 48 die Aircast ® Ankle Brace. Die Differenz zwischen den einzelnen Gruppen ergibt sich aus verschiedenen Gründen innerhalb der jeweiligen Probandengruppen. So verletzten sich 4 Sportler innerhalb des Nachuntersuchungszeitraumes an anderen Gelenken und konnten so nicht mehr an den Nachuntersuchungen teilnehmen, 3 Sportler erschienen nicht mehr im Therapieverlauf oder zu den vereinbarten Nachuntersuchungen.

Tabelle 3: Verteilung der Patienten

Gruppe A	Operation	Stabilschuh	n=25	n=25 nach 1 Jahr
Gruppe B	Operation	Schiene	n=25	n=25 nach 1 Jahr
Gruppe C	Konservativ	Stabilschuh	n=25	n=20 nach 1 Jahr
Gruppe D	Konservativ	Schiene	n=25	n=23 nach 1 Jahr
Gruppe Operativ			n=50	n=50 nach 1 Jahr
Gruppe Konservativ			n=50	n=43 nach 1 Jahr
Gruppe Stabilschuh			n=50	n=45 nach 1 Jahr
Gruppe Schiene			n=50	n=48 nach 1 Jahr

Das Gesamtkollektiv war im Durchschnitt 21,37 +/- 5,52 Jahre alt, (siehe Tab. 4), Gruppe A zeichnet sich hier als am jüngsten ab. In allen vier Gruppen fanden sich in der Mehrzahl männliche Sportler, insgesamt mit 58 männlichen zu 35 weiblichen Athleten. Die Seitenverteilung ist im Gesamtbild fast ausgeglichen, das rechte Sprunggelenk war insgesamt 49 mal, das linke 44 mal verletzt, wobei nur in Gruppe D mehr linke als rechte Sprunggelenke verletzt waren.

Tabelle 4: Verteilung innerhalb der Gruppen

Gruppe A	n=25	18,96 Jahre	m:w 13:12	r:l 13:12
Gruppe B	n=25	22,36 Jahre	m:w 19:9	r:l 17:8
Gruppe C	n=20	22,20 Jahre	m:w 15:5	r:l 11:9
Gruppe D	n=23	22,17 Jahre	m:w 14:9	r:l 8:15
Gesamt	n=93	21,37 Jahre	m:w 58:35	r:l 49:44

Volleyball, Basketball und Handball sind die Sportarten, bei denen am häufigsten Sprunggelenkverletzungen auftraten. Zu den sonstigen, nicht speziell zugeordneten Sportarten zählten Hockey, American Football, Rugby oder Tanzen (siehe Tab. 5).

Tabelle 5: Verletzungsverteilung der Sportarten

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Gruppe D	Gesamt
Turnen, Trampolin	0	2	1	1	4
Leichtathletik	0	0	2	3	5
Basketball	1	5	5	5	<b>16</b>
Volleyball	6	3	3	5	<b>17</b>
Handball	5	5	2	1	<b>13</b>
Fußball	3	1	1	3	8
Racketsport	4	2	2	1	9
Judo, Ringen	2	1	1	2	6
Sonst. Sport	4	6	3	2	<b>15</b>
Gesamt	25	25	20	23	<b>93</b>

Die durchschnittliche Dauer, die bis zur ersten Behandlung durch Mitspieler, Trainer, Physiotherapeuten oder Eltern verging, betrug für alle vier Gruppen im Mittel etwa einen Tag (1,03 Tage), die Dauer bis zur ersten Untersuchung durch einen Arzt war im Mittel weniger als 2 Tage (1,66 Tage).

Bei 54 Ballsportlern knickten 61% bei der Landung, 18% bei einfachen oder komplexen Laufbewegungen, 15% durch Einwirkung des Gegners und die restlichen durch sonstige Ursachen um.

## 5.2 Darstellung der Ergebnisse der Eingangsuntersuchung

### 5.2.1 Anamnese

Die meisten frisch Verletzten hatten einen sofortigen Schmerz verspürt, der dann in der Intensität bis zur Erstuntersuchung deutlich abgeklungen war (n=36). Wesentlich seltener waren sofortige und bis zur Untersuchung andauernde Schmerzen auf gleichbleibendem Schmerzniveau und wellenförmig verlaufende Schmerzen (n=22 bzw. 27).

Selten berichteten Patienten über ganz geringe oder fehlende Schmerzen und ebenso selten über primäre Schmerzlosigkeit, wobei sich im Verlauf bis zur Untersuchung dann doch eine Schmerzhaftigkeit einstellte (n=4 bzw. 4).

Unterschiede in der Charakteristik des Schmerzverlaufes zwischen den vier einzelnen Behandlungsgruppen konnten nicht festgestellt werden, ebensowenig wie Unterschiede zwischen operativer oder konservativer Therapie, sowie zwischen den Orthesentypen.

### 5.2.2 Klinische Untersuchung

Von den insgesamt 93 Patienten waren 29 noch gehfähig, 24 eingeschränkt gehfähig und die restlichen 40 nicht frei gehfähig. Die Gruppe der konservativ mit Aircast® Therapierten (Gruppe D) hatte einen etwas größeren Anteil an gehfähigen (48%), die operativen Therapierten (Gruppen A und B) einen jeweils etwas größeren Anteil an gehunfähigen (52%) Patienten.

Ein aktiver Bewegungsschmerz bestand bei den Patienten aller vier Gruppen zum größten Teil (84 Patienten). Es wurde bei der Auswertung keine Unterscheidung zwischen Schmerzen bei Pronation,

Supination, Dorsalextension oder Plantarflexion gemacht. Jeweils 2 Patienten der Gruppen A, B und C und 3 Patienten der Gruppe D berichteten über kein Schmerzempfinden.

Bei der passiven Bewegungsprüfung des Sprunggelenks fand sich meist ein Bewegungsschmerz (87 Patienten). Jeweils 2 Patienten der Gruppen B und D, sowie je 1 Patient der Gruppen A und C machten keine Schmerzangabe.

Kompressionsschmerz über beiden Malleolen führte bei fast allen Beteiligten (86 Patienten) zur Schmerzangabe.

Die Lokalisation des Palpationsschmerzes ergab ähnliche Befunde für alle vier Gruppen (siehe Tab. 6). Bei insgesamt 90 Patienten (97%) war der Druckschmerz am fibularen Ursprung des Ligamentum fibulotalare anterius zu lokalisieren, dagegen am talaren Ansatz nur bei 58 Patienten (62%).

Eine Palpationsschmerzhaftigkeit am fibularen Ursprung des Ligamentum fibulocalcanear hatten insgesamt 76 (82%), an der Insertion am Calcaneus waren 43 (46%) der Behandelten druckdolent. Somit zeigten die Mehrzahl aller Patienten an den fibularen Bandursprüngen häufiger Druckdolenz als beispielsweise an anderen Stellen des Kapselbandapparates.

Die proximale Peronealsehnenscheide in Höhe des Ligamentum fibulotalare posterius war insgesamt bei 17 (18%) druckschmerzhaft. Jeweils ein Drittel aller Patienten wies auch Schmerzen über der vorderen Syndesmose (30 bzw. 32%) und der distalen Fibulaepiphyse (29 bzw. 31%) auf. Entferntere Strukturen, wie das Ligamentum bifurcatum (2 bzw. 2%) oder das Ligamentum calcaneocuboidale (0 bzw. 0%) Waren selten betroffen.

Tabelle 6: Druckschmerzhafte Palpationspunkte

Struktur	A (n)	B (n)	C (n)	D (n)	Gesamt % (n)
LFTA fibular	92 (23)	96 (24)	95 (20)	100 (23)	<b>97% (90)</b>
LFTA talar	64 (16)	60 (15)	55 (11)	70 (16)	<b>62% (58)</b>
LFC fibular	76 (19)	76 (19)	82 (18)	87 (20)	<b>82% (76)</b>
LFC calcanear	44 (11)	56 (14)	40 (8)	43 (10)	<b>46% (43)</b>
Syndesmose	24 (6)	36 (9)	20 (4)	48 (11)	<b>32%(30)</b>
Epiphyse	32 (8)	16 (4)	35 (7)	43 (10)	<b>31%(29)</b>

Die klinische Instabilitätsprüfung zeigte meist eine Grad 2 Instabilität.

Grad 1 Instabilitäten waren häufiger anzutreffen als Grad 3 Instabilitäten, Unterschiede zwischen Talusvorschub und Taluskippung in den einzelnen Gruppen gab es nicht (Grad 0 völlige Stabilität, Grad 3 völlige Instabilität (**53**) (siehe Tab. 7).

Tabelle 7: Ergebnisse der klinischen Stabilitätsprüfung

n	Grad 1	Grad 2	Grad 3
Gruppe A	5	16	4
Gruppe B	5	16	4
Gruppe C	3	14	3
Gruppe D	5	16	2
<b>Gesamt</b>	<b>18</b>	<b>62</b>	<b>13</b>

Die Entwicklung eines Hämatoms war meist nachweisbar.

Jeweils 3 Patienten der Gruppen B, C und D und 6 Patienten der Gruppe A zeigten keine Hämatombildung. Nahezu gleichmäßig ausgeprägt war die Verteilung zwischen leichtem und starkem Hämatom sowohl in den einzelnen Gruppen, als auch in den zusammengefaßten Gruppen.

Bis auf eine Ausnahme in Gruppe D konnte eine Sprunggelenkschwellung im Vergleich zur Gegenseite immer gefunden werden. Der Maximalwert lag dabei bei +4cm bei einem Patienten der Gruppe C, Die Durchschnittswerte der Gruppen lagen zwischen 1,5 und 1,7cm (siehe Tab. 8).

Tabelle 8: Schwellungszustand vor Therapie

cm	Durchschnittliche Differenz (cm)	min. (cm)	max. (cm)
Gruppe A	1,52	0,5	3,0
Gruppe D	1,66	0,5	3,5
Gruppe C	1,53	0,5	4,0
Gruppe D	1,59	0,5	3,0

### 5.2.3 Radiologische Voruntersuchung

(siehe Tab. 9) Gruppe A wies einen Mittelwert von 10,8mm (+/- 2,62mm) für den Talusvorschub und einen Mittelwert von 12,8° (+/- 3,73°) für die Taluskippung auf.

Gruppe B zeigte einen Mittelwert von 10,6mm (+/- 3,23mm) für den Talusvorschub und einen Mittelwert von 16,4° (+/- 6,91°) für die Taluskippung.

Gruppe C wies einen Mittelwert von 10,6mm (+/- 3,78mm) für den Talusvorschub und einen Mittelwert von 13,3° (+/- 6,22°) für die Taluskippung auf.

Gruppe D zeigte einen Mittelwert von 10,2mm (+/- 2,72mm) für den Talusvorschub und einen Mittelwert von 14,1° (+/- 4,43°) für die Taluskippung.

Die zusammengefaßte Gruppe Operativ zeigte einen Mittelwert von 10,7mm (+/- 2,88mm) für den Talusvorschub und einen Mittelwert von 14,6° (+/- 7,72°) für die Taluskippung.

Die Gruppe Konservativ zeigte einen Mittelwert von 10,4mm (+/- 3,18mm) für den Talusvorschub und einen Mittelwert von 13,7° (+/- 4,43°) für die Taluskippung.

Die Gruppe Stabilschuh zeigte einen Mittelwert von 10,7mm (+/- 3,11mm) für den Talusvorschub und einen Mittelwert von 13,0° (+/- 4,88°) für die Taluskippung.

Die Gruppe Schiene zeigte einen Mittelwert von 10,4mm (+/- 2,9mm) für den Talusvorschub und einen Mittelwert von 15,3° (+/- 5,8°) für die Taluskippung.

Im statistischen Zweistichproben T - Test zum Vergleich der Ausgangswerte aller 4 Gruppen untereinander konnten keine Unterschiede zwischen den Gruppen nachgewiesen werden.

Tabelle 9: Prätherapeutische radiologische Stabilitätsuntersuchung

	Talusvorschub (mm) (Streuung)	Taluskippung (°) (Streuung)
Gruppe A	10,8 +/- 2,62 (6-15mm)	12,8 +/- 3,73 (7-20°)
Gruppe B	10,6 +/- 3,23 (5-17mm)	16,4 +/- 6,91 (6-28°)
Gruppe C	10,6 +/- 3,78 (6-18mm)	13,3 +/- 6,22 (8-35°)
Gruppe D	10,2 +/- 2,72(6-15mm)	14,1 +/- 4,43 (7-25°)
Operativ	10,7 +/- 2,88	14,6 +/- 5,72
Konservativ	10,4 +/- 3,18	13,7 +/- 5,23
Stabilschuh	10,7 +/- 3,11	13,0 +/- 4,88
Schiene	10,4 +/- 2,90	15,3 +/- 5,80

### 5.2.4 Ausgangsscore

Von maximal möglichen 21 Punkten erreichte Gruppe A 17,9, die Gruppen B und C jeweils 17,6 und Gruppe D 17,4 Punkte.

Die operative und die Stabilschuhgruppe erreichten jeweils 17,7 Punkte, die konservative und die Schienengruppe jeweils 17,5 Punkte.

### 5.2.5 Operationsbefund

Bei allen operierten Patienten der Gruppen A und B war das Ligamentum fibulotalare anterius gerissen (100%). Eine zusätzliche komplette Ruptur des Ligamentum fibulocalcanearum fand sich bei 20 (80%) Patienten der Gruppe A, bei 21 (84%) Patienten der Gruppe B, eine Teilruptur dieses Bandes bei 2 Patienten in Gruppe A und bei einem Patienten der Gruppe B. Das Ligamentum fibulotalare posterius blieb bei 24 (96%) Patienten der Gruppe A und bei 19 (76%) Patienten der Gruppe B unverletzt, eine Teilruptur dieses Bandes fand sich nur in Gruppe B bei 3 Patienten (12%) (siehe Tab. 10).

Tabelle 10: Intraoperativer Befund

Verletzung	Gruppe A	Gruppe B
LFTA isoliert	3 (12%)	3 (12%)
LFTA komplett und LFC partiell	2 (8%)	1 (4%)
LFTA und LFC komplett	<b>19 (76%)</b>	<b>15 (60%)</b>
LFTA und LFC komplett u. LFTP partiell	0 (00%)	3 (12%)
LFTA und LFC und LFTP komplett	1 (04%)	3 (12%)

Bei allen operierten Patienten fand sich eine Mitverletzung der anterolateralen Gelenkkapsel, entsprechend der anatomischen Besonderheit des Ligamentum fibulotalare anterius als Kapselverdickung.

Syndesmosenverletzungen fanden sich bei keinem der Patienten. Diese Verletzung hätte zum Ausschluß aus der Studie geführt, ebenso wie ausgedehnte Knorpelverletzungen im Gelenkbinnenraum, versteckt gebliebene Frakturen „Flake - Frakturen“ oder alte knöcherne Bandausrisse als Zeichen einer vorher unbemerkt gebliebenen Verletzung.

Eine ausgedehnte Verletzung der Peronealsehnenscheide fand sich nur in jeweils 2 Fällen beider Gruppen. Kleine Einrisse, die im Zusammenhang mit einer Teilruptur oder Ruptur des Ligamentum fibulocalcanearum auftraten, wurden nicht gesondert dokumentiert und bei der Revision des Bandes mit verschlossen.

## 5.3 Ergebnisse der ersten Nachuntersuchung nach 6 Wochen

### 5.3.1 Klinische Untersuchung

#### Stabilität

Der Talusvorschub wurde bei 20 Patienten der Gruppe A (80%) als stabil und bei 5 (20%) als Grad 1 instabil bewertet, in Gruppe B bei 18 (72%) Patienten als stabil und bei 7 (28%) als Grad 1 instabil. Bei der Gruppe C waren jedoch neben 14 (65%) Stablen insgesamt 7 (35%) leicht Instabile zu finden und in der Gruppe D 13 (57%) Stabile neben 10 (43%) leicht Instabilen. In keiner der

Untersuchungsgruppen fanden sich stärkere Instabilitäten als Grad 1 für den Talusvorschub (siehe Tab. 11).

Die Taluskippung wurde bei 22 Patienten der Gruppe A (88%) als stabil 3 (12%) als Grad 1 Instabilität bewertet, in Gruppe B bei 24 Patienten (96%) als stabil und bei einem (4%) als Grad 1 instabil. Bei der Gruppe C waren neben 16 (75%) Stablen insgesamt 5 (25%) leicht instabil und in der Gruppe D 20 (87%) stabil neben 3 (13%) leicht Instabilen. Auch hier fanden sich in keiner der Untersuchungsgruppen stärkere Instabilitäten als Grad 1 für die Taluskippung.

*Bezüglich der Taluskippung war die Gruppe B signifikant stabiler als Gruppe C ( $p = 0.04$ ).*

Tabelle 11: Klinische Instabilität 1A - 6 Wochen

n	Talusvorschub <i>n. s.</i>		Taluskippung	
	Grad 0 (%)	Grad 1 (%)	Grad 0 (%)	Grad 1 (%)
Gruppe A	20 (80)	5 (20)	22 (88)	3 (12)
Gruppe B	18 (72)	7 (28)	24 (96) *	1 (4) *
Gruppe C	14 (65)	7 (35)	16 (75) *	5 (25)*
Gruppe D	13 (57)	10 (43)	20 (87)	3 (13)

Die Operierten schnitten bei der klinischen Stabilitätsprüfung tendenziös besser ab, als die konservativ Behandelten. Die mit dem Stabilschuh Behandelten waren bei der Prüfung des Talusvorschubes tendenziös stabiler, als die mit der Schiene behandelten Patienten, während diese in der Prüfung der Taluskippung tendenziös bessere Werte verzeichneten (siehe Tab. 12).

Tabelle 12: Klinische Instabilität 1 B – 6 Wochen

n	Talusvorschub <i>n. s.</i>		Taluskippung <i>n. s.</i>	
	Grad 0 (%)	Grad 1 (%)	Grad 0 (%)	Grad 1 (%)
Operativ	38 (76)	12 (24)	46 (92)	4 (8)
Konservativ	27 (60)	17 (40)	36 (81)	8 (19)
Stabilschuh	34 (73)	12 (27)	38 (82)	8 (18)
Schiene	31 (65)	17 (35)	44 (92)	4 (8)

## Beweglichkeit

In Gruppe A fanden sich 9 frei bewegliche Gelenke, 3 Gelenke waren in einer Richtung, 10 in zwei Richtungen, eines in drei Richtungen und 2 Gelenke in alle vier Richtungen bewegungseingeschränkt.

In Gruppe B waren 7 Gelenke frei, 6 in eine Richtung, 10 in zwei Richtungen eines in drei Richtungen und eines in alle vier Richtungen bewegungseingeschränkt.

In Gruppe C fanden sich 7 Gelenke frei beweglich, 5 waren in eine Richtung, 7 in zwei Richtungen, keines in drei Richtungen und eines in alle vier Richtungen bewegungseingeschränkt.

Die Gruppe D hatte 9 Gelenke frei beweglich, 3 Gelenke waren in eine Richtung, 5 in zwei Richtungen, 5 in drei Richtungen und eines in alle vier Richtungen bewegungseingeschränkt.

Die Gruppen unterschieden sich statistisch nicht voneinander.

Selten betraf die Bewegungseinschränkung die Dorsalextension. Insgesamt 5 mal in Gruppe A, 2 mal in Gruppe B, 2 mal in Gruppe C und 3 mal in Gruppe D. Keine dieser Einschränkungen konnte als klinisch relevant (mehr als 10° im Seitenvergleich) verzeichnet werden.

In Pronationsrichtung wurden 3 mal in Gruppe A, 6 mal in Gruppe B, 4 mal in Gruppe C und 6 mal in Gruppe D Einschränkungen gefunden, wobei sich bei jeweils einem Patienten der Gruppe B und C eine relevante Bewegungseinschränkung von mehr als 10° fand.

Häufiger waren die Bewegungseinschränkungen in Plantarflexion und Supination zu finden. In allen vier Gruppen zeigte gut die Hälfte aller Patienten zumindest eine leichte Einschränkung der Beweglichkeit von 0-10° in diese beiden Richtungen. Bewegungseinschränkungen von über 10° fanden sich in Plantarflexion bei keinem Patienten, dagegen in Supination bei 5 Patienten der Gruppe A, 2 Patienten der Gruppe B, einem Patienten der Gruppe C und keinem Patienten der Gruppe D.

### Schwellungszustand

Es fanden sich Durchschnittswerte für die Seitendifferenz von 0,9cm in der Gruppe A, 0,8cm in der Gruppe B, 0,7cm in der Gruppe C und 0,7cm in der Gruppe D. Bei insgesamt 5 Patienten der Gruppe A, 9 Patienten der Gruppe B, 8 Patienten der Gruppe C und 6 Patienten der Gruppe D konnte zu diesem Zeitpunkt keine Schwellung mehr nachgewiesen werden.

Die Maximalwerte lagen bei 2,0 cm bei Gruppe A, 3,0 cm bei Gruppe B, 2,0 cm bei Gruppe C und D.

Tabelle 13: Schwellungszustand 1. Nachuntersuchung - Seitendifferenz

	Durchschnittliche Differenz (cm)	min. (cm)	max. (cm)
Gruppe A	0,9	0,0	2,0
Gruppe B	0,8	0,0	3,0
Gruppe C	0,7	0,0	2,0
Gruppe D	0,7	0,0	2,0

### 5.3.2 Subjektive Beurteilung

#### Umknickhäufigkeit

Vier Patienten der Gruppe A, kein Patient der Gruppe B, ein Patient der Gruppe C und ein Patient der Gruppe D gaben an, bis zur ersten Nachuntersuchung noch einmal mit dem gleichen Sprunggelenk umgeknickt zu sein. In allen sechs Fällen trat jedoch keine zusätzliche Schmerzsymptomatik, Schwellung oder Hämatom auf. Der Therapieablauf erfuhr dadurch keine Unterbrechung, so daß die Patienten keine außerplanmäßige ärztliche Kontrolle in Anspruch nahmen. Diese Umknickereignisse fanden jeweils unter Orthesenschutz beim normalen Gehen zum Beispiel auf unebenem Boden statt.

*Im Vergleich der Gruppen A und B konnte ein statistisch signifikanter Unterschied ( $p = 0.04$ ) zugunsten der Gruppe B festgestellt werden.*

#### Unsicherheitsgefühl

Zwei Patienten der Gruppe B und ein Patient der Gruppe D berichtete noch über ein Unsicherheitsgefühl beim Gehen, ohne nähere Angaben machen zu können, woher dieses Gefühl komme.

*Im Vergleich der Orthesennachbehandlung konnte ein statistisch signifikanter Unterschied ( $p = 0.049$ ) zugunsten der mit dem Stabilschuh versorgten festgestellt werden.*

#### Umknickangst

Angst vor dem Umknicken bestand bei 8 Patienten der Gruppe A, bei 11 Patienten der Gruppe B, bei 6 Patienten der Gruppe C und bei 11 Patienten der Gruppe D, größtenteils bei der Ausübung sportlicher

Tätigkeiten, stärkeren Belastungen und bei Situationen, in denen es zum ursprünglichen Umknicktrauma gekommen war.  
Statistisch bestanden keine signifikanten Unterschiede.

### **Sportliche Belastbarkeit**

Die Einschränkung der sportlichen Tätigkeit bezog sich ebenso wie die Angst vor dem Umknicken auf Situationen, die dem ursprünglichen Umknicktrauma ähnlich waren. Des Weiteren wurde die Benutzung der Orthese von den meisten Sportlern noch als leichte Einschränkung betrachtet, auch wenn sonst die volle Belastungsfähigkeit erreicht wurde.

Diese leichte Einschränkung der Sportfähigkeit fand sich bei 11 Patienten der Gruppe A, bei 15 Patienten der Gruppe B, bei 11 Patienten der Gruppe C und bei 13 Patienten der Gruppe D.

Insgesamt 2 Patienten der Gruppe A, 2 Patienten der Gruppe B und 1 Patient der Gruppe D berichtete über Einschränkungen beim Sport. Diese standen nicht im Zusammenhang mit der Orthese, sondern beruhten auf Beweglichkeitsdefiziten und Schmerzen bei bestimmten Bewegungen bei der Ausübung des Sportes.

Statistisch bestanden keine signifikanten Unterschiede.

### **Schmerzbeurteilung**

Bei der Schmerzbeurteilung zeigten alle vier Gruppen gute Ergebnisse, wobei die Note 1 16 mal bei Gruppe A und B, 14 mal bei Gruppe C und 10 mal bei Gruppe D, gefolgt von der Note 2 am häufigsten vergeben wurde. Lediglich jeweils ein Patient der Gruppen B und D berichtete über dezentes Schmerzgefühl im Narbenbereich des lateralen Kapselbandapparates und wählte die Benotung 3.

Statistisch bestanden keine signifikanten Unterschiede.

### **Stabilitätsbeurteilung**

In der Bewertung des Stabilitätsgefühls wählten 8 Patienten der Gruppe A die Benotung 1, 13 die Benotung 2 und 4 die Benotung 3.

Die Gruppe B wählte 8 mal die Benotung 1, 13 mal die Benotung 2 und 4 mal die Benotung 3.

Die Patienten der Gruppe C wählten 4 mal die Benotung 1, 13 mal die Benotung 2, ein mal die Benotung 3, ein mal die Benotung 4 und ein mal die Benotung 5.

Die Patienten der Gruppe D wählte 2 mal die Benotung 1, 19 mal die Benotung 2 und je einmal die Benotung 3 und 4.

Der Notendurchschnitt der Gruppen A bis D (1,84 bei Gruppe A, 1,96 bei Gruppe B, 2,10 bei Gruppe C und 2,04 bei Gruppe D), sowie der der Gruppen Operativ, Konservativ, Stabilschuh und Schiene unterschied sich statistisch nicht, obwohl die Gruppen C und D und damit die gesamte konservative Gruppe tendenziös schlechtere Ergebnisse aufwiesen.

### **Verlaufsbeurteilung**

Das Heilungsergebnis wurde in der Gruppe A von 16 Patienten mit Note 1 und von 9 Patienten mit Note 2, in der Gruppe B von 16 Patienten mit Note 1 und von 9 Patienten mit Note 2, in der Gruppe C von 11 Patienten mit Note 1, 8 Patienten mit Note 2 und von einem Patienten mit Note 3, in der Gruppe D von 12 Patienten mit Note 1, von 10 Patienten mit Note 2 und von einem Patienten mit Note 3 beurteilt.

Der Notendurchschnitt der Gruppen A bis D (1,38 bei Gruppe A, 1,36 bei Gruppe B, 1,50 bei Gruppe C und 1,52 bei Gruppe D), sowie der der Gruppen Operativ, Konservativ, Stabilschuh und Schiene

zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied, obwohl auch hier die Gruppen C und D und damit die gesamte konservative Gruppe tendenziös schlechtere Ergebnisse aufwies.

### **Zufriedenheit**

Ein Patient der Gruppe B, sowie 4 Patienten der Gruppe C und ein Patient der Gruppe D würde seine nächste frische Kapselbandruptur am oberen Sprunggelenk nicht wieder nach dem gleichen Schema behandeln lassen.

Tendenziös schien auch hier eine bessere Beurteilung für die operativen Behandlungsverfahren vorzuliegen.

### **Schul- und Arbeitsunfähigkeit**

Die Gruppe A kam auf eine Durchschnittsfehlzeit von 9,6 Tagen, Gruppe B auf 10,2 Tage, Gruppe C auf 8,3 Tage und Gruppe D auf 4,8 Tage.

*Statistisch unterschieden sich die operativen Gruppen A und B jeweils signifikant von der Gruppe D ( $p=0,049$  bzw.  $p=0,03$ ).*

Der Unterschied zwischen der operativen und der konservativen Gruppe (9,9 versus 6,4 Tage) war statistisch nicht signifikant.

Die Dauer der Arbeitsunfähigkeit in den Orthesengruppen unterschied sich im statistischen Vergleich ebenfalls nicht (Stabilschuh 9 Tage, Schiene 7,6 Tage).

### **5.3.3 Isokinetischer Test 1**

Das maximale isokinetische Drehmoment der Dorsalextension der Gruppe A ergab für das verletzte obere Sprunggelenk 36Nm und 33Nm für die unverletzte Seite (Differenz im Mittel 3,3Nm). Die Plantarflektion betrug auf der unverletzten Seite 60Nm gegenüber 61Nm auf der verletzten Seite (Differenz im Mittel 1,7Nm).

Für die Dorsalextension streuten die individuellen Werte zwischen 17 und 82Nm auf der verletzten Seite und zwischen 16 und 65Nm auf der unverletzten Seite. Plantarflektorisches betrug die Streuung auf der verletzten Seite 19 - 100Nm auf der unverletzten Seite 20 - 111Nm.

Das maximale Drehmoment der Gruppe B zeigte im Seitenvergleich höhere Werte als Gruppe A. Der Mittelwert der verletzten Seite betrug in der Dorsalextension 40Nm, unverletzt 41Nm (Differenz im Mittel 0,7Nm). In der Plantarflektion erreichten beide Seiten Mittelwerte von 66Nm.

Die Maximalwerte streuten in der Plantarflektion auf der verletzten Seite von 21-126Nm, auf der unverletzten Seite von 26-145Nm, während die Dorsalextension auf der verletzten Seite zwischen Werten von 17-75Nm und auf der unverletzten Seite von 17-98Nm schwankte.

Die Messung des maximalen Drehmomentes für die Dorsalextension der Gruppe C ergab 37Nm auf der verletzten und unverletzten Seite. Die Plantarflektion betrug auf der verletzten und unverletzten Seite jeweils 72 Nm (Differenz im Mittel 0,3Nm zugunsten der verletzten Seite).

Bei der Dorsalextension streuten die individuellen Werte zwischen 20 und 51Nm auf der verletzten Seite und zwischen 21 und 72Nm auf der unverletzten Seite. Plantarflektorisches bewegten sich die Werte auf der verletzten Seite zwischen 35 und 113Nm und auf der unverletzten Seite zwischen 35 und 107Nm.

Gruppe D zeigte bei der Dorsalextension für das verletzte obere Sprunggelenk 40Nm und 41Nm für die unverletzte Seite (Differenz im Mittel 1,1Nm. Die Plantarflektion betrug auf der verletzten Seite 62Nm gegenüber 66Nm auf der unverletzten Seite (Differenz im Mittel 4,8Nm).

Für die Dorsalextension streuten die individuellen Werte zwischen 20 und 79Nm auf der verletzten Seite und zwischen 14 und 87Nm auf der unverletzten Seite. Plantarflektorisches schwankten die Werte auf der verletzten Seite zwischen 25 und 106Nm und auf der unverletzten Seite zwischen 28 und 119Nm.

Tabelle 14: Maximales isokinetisches Drehmoment (60°/sec) 1 A – 6 Wochen

Nm max.	DE verl.	DE unverl.	PF verl.	PF unverl.
Gruppe A	36	33 *	61	60
Gruppe B	40	41 *	66	66
Gruppe C	37	37	72	72
Gruppe D	40	41	62	66

Bei der statistischen Auswertung des maximalen Drehmomentes zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem verletzten und dem unverletzten oberen Sprunggelenk innerhalb der jeweiligen Gruppen (siehe Tab. 14).

*Statistisch unterschieden sich die operativen Gruppen A und B ( $p=0,04$ ) bezüglich der Dorsalextension des unverletzten Sprunggelenkes (siehe Tab. 14).*

Bei den Gruppen Operativ und Konservativ zeigte sich kein Unterschied zwischen verletztem und unverletztem Sprunggelenk innerhalb der Gruppen und kein Unterschied zwischen den Gruppen (siehe Tab. 15).

*Bei den beiden Orthesengruppen zeigte sich im Vergleich der unverletzten Sprunggelenke bei der Dorsalextension ein signifikanter Unterschied ( $p=0,04$ ) zugunsten der Schienengruppe (siehe Tab. 15).*

Tabelle 15: Maximales isokinetisches Drehmoment (60°/sec) 1 B – 6 Wochen

Nm max.	DE verl.	DE unverl.	PF verl.	PF unverl.
Operativ	38	37	63	64
Konservativ	38	39	66	68
Stabilschuh	36	34 *	65	66
Schiene	40	41 *	64	66

### 5.3.4 Balancetest 1

Die Prüfung der Balance- und Stabilisationsfähigkeit zeigte für die Gruppe A eine mittlere Standfähigkeit von 27 Sekunden mit dem verletzten Sprunggelenk und 20 Sekunden mit dem unverletzten Sprunggelenk auf dem Diagonalt Brett, sowie 27 beziehungsweise 22 Sekunden auf dem Longitudinalbrett.

Gruppe B erreichte 24 beziehungsweise 20 Sekunden auf dem Diagonal- und 25 beziehungsweise 23 Sekunden auf dem Longitudinalbrett.

Die verletzten Sprunggelenke der Gruppe C erreichten 21 Sekunden, die unverletzten 15 Sekunden auf dem Diagonal-, beide Seiten jeweils 18 Sekunden auf dem Longitudinalbrett.

Gruppe D wies auf dem Diagonalbrett mit dem verletzten Fuß 33 Sekunden, mit dem Unverletzten 26 Sekunden auf. Auf dem Longitudinalbrett waren es mit dem verletzten 36 Sekunden, mit dem unverletzten Sprunggelenk 34 Sekunden.

Die verletzte Seite war immer besser, als die unverletzte Seite, obwohl die Patienten in der Therapie angehalten waren, beide Sprunggelenke zu trainieren (siehe Tab. 16).

Tabelle 16: Balancetest 1 A – 6 Wochen

Sekunden	diagonal v.	diagonal u.	longitudinal v.	longitudinal u.
Gruppe A	27 *	20 *	27 **	22 **
Gruppe B	24	20	25	23
Gruppe C	21 *	15 *	* 18	* 18
Gruppe D	33	26	* 36	* 34

*Im statistischen Vergleich schneidet das verletzte Sprunggelenk besonders in den Stabilschuhgruppen A und C besser als das unverletzte Sprunggelenk ab.*

*In Gruppe A auf dem Diagonalbrett signifikant ( $p=0,017$ ), auf dem Longitudinalbrett hoch signifikant ( $p=0,005$ ) und Gruppe C signifikant ( $p=0,025$ ) auf dem Diagonalbrett (siehe Tab. 16).*

*Im statistischen Vergleich der Gruppen untereinander stellte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen C und D auf dem Longitudinalbrett heraus. Gruppe D war am verletzten Sprunggelenk ( $p=0,017$ ) und am unverletzten Sprunggelenk ( $p=0,029$ ) signifikant besser (siehe Tab. 16).*

Bei den Gruppen Operativ und Konservativ, als auch bei den Orthesengruppen zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen verletztem und unverletztem Sprunggelenk (siehe Tab. 17).

Tabelle 17: Balancetest 1 B – 6 Wochen

Sekunden	diagonal v.	Diagonal u.	longitudinal v.	longitudinal u.
Operativ	26 **	20 **	26 *	23 *
Konservativ	27 **	21 **	28	26
Stabilschuh	24 **	18 **	23	20
Schiene	33 *	26 *	26	25

*Auf dem Diagonalbrett waren die verletzten Sprunggelenke der Operierten ( $p=0,004$ ), der Konservativen ( $p=0,005$ ) und der Stabilschuhgruppe ( $p=0,001$ ) hoch signifikant, die der Schienengruppe ( $p=0,012$ ) signifikant besser.*

*Auf dem Longitudinalbrett trat ein signifikanter Unterschied bei den Operierten zugunsten der verletzten Seite ( $p=0,04$ ) auf.*

### 5.3.5 Zusammenfassung der Befunde

- Gruppe B schneidet bei der klinisch prüfbaren Taluskippung und der Umknickhäufigkeit gegenüber den anderen Gruppen besser ab.
- Die mit dem Stabilschuh Versorgten fühlten sich sicherer, als die Schienenbehandelten.
- Statistisch haben die operativen Gruppen A und B gegenüber der Gruppe D eine deutlich längere Arbeits- bzw. Schulunfähigkeit.
- In der isokinetischen Messung des maximalen Drehmomentes treten Unterschiede nur auf der unverletzten Seite auf.
- Eindeutig bessere Ergebnisse im Balancetest auf beiden Brettchen zeigen die verletzten Sprunggelenke der Gruppe A und der Gruppe Operativ. Auch die Gruppen C, Konservativ, Stabilschuh und Schiene haben auf einem der Brettchen bessere Ergebnisse als die unverletzte Gegenseite erreicht. Gruppe D war auf dem Longitudinalbrett besser als Gruppe C.

## 5.4 Ergebnisse der zweiten Nachuntersuchung nach 12 Wochen

### 5.4.1 Klinische Untersuchung

#### Stabilität

Der Talusvorschub wurde 19 Patienten der Gruppe A (76%) als stabil und bei 6 (24%) als Grad 1 instabil bewertet, in Gruppe B bei 18 (72 %) Patienten als stabil und bei 7 (28%) als Grad 1 instabil. Bei der Gruppe C fanden sich neben 13 (60%) Stabilen insgesamt 7 (35%) leicht instabil, sowie ein Patient mit Grad 2 Instabilität (5%). In der Gruppe D wurden 12 (52%) Stabile neben 11 (48%) leicht Instabilen gefunden. Dieser Befund sprach insgesamt für eine leichte Verschlechterung des klinischen Stabilitätsbefundes.

Die Taluskippung wurde bei allen 25 Patienten der Gruppe A (100%) als stabil bewertet, in Gruppe B bei 19 Patienten (76%) als stabil und bei 6 Patienten (24%) als Grad 1 instabil. In der Gruppe C war neben 20 stabilen Patienten (95%) Befunden ein Patient (5%) leicht instabil und in der Gruppe D 20 (87%) stabil neben 3 (13%) leicht Instabilen. Hier fanden sich in keiner der Untersuchungsgruppen stärkere Instabilitäten als Grad 1 für die Taluskippung.

*Im direkten Vergleich der vier Gruppen wurden statistisch signifikante Unterschiede bezüglich der Taluskippung der Gruppe A festgestellt, mit  $p \leq 0,01$  gegenüber Gruppe B und gegenüber der Gruppe D mit  $p = 0,015$  (siehe Tab.18).*

Tabelle 18: Klinische Instabilität 2 A – 12 Wochen

n	Talusvorschub <i>n. s.</i>			Taluskippung	
	Grad 0 (%)	Grad 1 (%)	Grad 2 (%)	Grad 0 (%)	Grad 1 (%)
Gruppe A	19 (76)	6 (24)	0	25 (100)***	0***
Gruppe B	18 (72)	7 (28)	0	19 (76)*	6 (24)*
Gruppe C	13 (60)	7 (35)	1 (5)	20 (95)	1 (5)
Gruppe D	12 (52)	11 (48)	0	20 (87)**	3 (13)**

Die Operierten schnitten bei der klinischen Stabilitätsprüfung tendenziös besser ab, als die konservativ Behandelten (siehe Tab. 19). Die mit dem Stabilschuh Behandelten schienen bei der Prüfung des Talusvorschubes stabiler zu sein, als die mit der Schiene behandelten Patienten (siehe Tab. 19).

*Die Patienten der Stabilschuhgruppe schnitten bei der Taluskippung mit  $p=0,003$  besser ab, als die Patienten der Schienengruppe.*

Tabelle 19: Klinische Instabilität 2 B – 12 Wochen

n	Talusvorschub <i>n. s.</i>			Taluskipfung	
	Grad 0 (%)	Grad 1 (%)	Grad 2 (%)	Grad 0 (%)	Grad 1 (%)
Operativ	37 (74)	13 (26)	0	44 (88)	6 (12)
Konservativ	25 (56)	18 (42)	1 (2)	38 (86)	6 (14)
Stabilschuh	32 (69)	12 (27)	2 (4)	45 (98)**	1 (29)**
Schiene	30 (63)	18 (37)	0	34 (71)**	14 (29)**

### Beweglichkeit

Die Anzahl der Bewegungseinschränkungen war gegenüber der ersten Nachuntersuchung rückläufig.

In Gruppe A fanden sich insgesamt 12 frei bewegliche Gelenke, 7 Gelenke waren in einer Richtung und 6 in zwei Richtungen bewegungseingeschränkt.

In Gruppe B waren 16 Gelenke frei beweglich, 6 in eine Richtung und 3 in zwei Richtungen bewegungseingeschränkt.

In Gruppe C fanden sich 10 Gelenke frei beweglich, 6 waren in eine Richtung, 3 in zwei Richtungen, keines in drei Richtungen und eines in alle vier Richtungen bewegungseingeschränkt.

Die Gruppe D hatte 12 Gelenke frei beweglich, 6 Gelenke waren in eine Richtung, 4 in zwei Richtungen und eines in drei Richtungen bewegungseingeschränkt.

Unterschiede zwischen den operierten und konservativ Behandelten ließen sich ebensowenig feststellen, wie zwischen den Orthesengruppen.

*Die Gruppe B zeigte einen besseren Beweglichkeitsbefund als Gruppe C ( $p=0,048$ ) in Dorsalextensionsrichtung.*

Selten betraf die Bewegungseinschränkung die Dorsalextension, insgesamt 1 mal in Gruppe A, 3 mal in Gruppe C und 1 mal in Gruppe D. Keine dieser Einschränkungen konnte als klinisch relevant (mehr als  $10^\circ$  im Seitenvergleich) verzeichnet werden.

In Pronationsrichtung wurden 2 mal in Gruppe A, 4 mal in Gruppe B, 3 mal in Gruppe C und 1 mal in Gruppe D Einschränkungen gefunden je einmal mehr als 10% in den Gruppen B und C.

Häufiger waren die Bewegungseinschränkungen in Plantarflektion und Supination zu finden. In Gruppe A zeigten 5 Patienten, in Gruppe B 4 Patienten, in Gruppe C 3 Patienten und in Gruppe D 8 Patienten ein leichtes Plantarflektionsdefizit. In Supination konnten immerhin noch bei 11 Patienten der Gruppe A, 6 Patienten der Gruppe B, 8 Patienten der Gruppe C und 9 Patienten der Gruppe D Defizite in der Beweglichkeit festgestellt werden. Bei je einem Patienten der Gruppen A, B und C war dieses Defizit als relevant ( $>10^\circ$ ) anzusehen.

### Schwellungszustand

Es fanden sich Durchschnittswerte der Seitendifferenz von 0,1cm in der Gruppe A, 0,3cm in der Gruppe B, 0,3cm in der Gruppe C und 0,4cm in der Gruppe D. Bei insgesamt 22 Patienten der Gruppe

A, 18 Patienten der Gruppe B, 13 Patienten der Gruppe C und 14 Patienten der Gruppe D konnte keine Schwellung mehr nachgewiesen werden.

Die Maximalwerte lagen bei 1,0 cm bei Gruppe A, 2,0 cm bei Gruppe B, 1,0 cm bei Gruppe C und 2,0 cm bei Gruppe D.

Damit reduzierte sich sowohl der Schwellungszustand als auch die maximal gemessenen Umfänge aller vier Patientengruppen deutlich im Vergleich zur ersten Nachuntersuchung.

#### **5.4.2 Subjektive Beurteilung**

##### **Umknickhäufigkeit**

Ein Patient der Gruppe A, vier Patienten der Gruppe B, drei Patienten der Gruppe C und ein Patient der Gruppe D gaben an, seit der ersten bis zur zweiten Nachuntersuchung noch einmal mit dem gleichen Sprunggelenk leicht umgeknickt zu sein. In allen neun Fällen unterblieb aufgrund fehlender klinischer Symptomatik eine ärztliche Kontrolle.

##### **Unsicherheitsgefühl**

Nur ein einziger Patient der Gruppe B berichtete noch über leichtes Unsicherheitsgefühl beim Gehen, bei allen restlichen Patienten bestand kein Unsicherheitsgefühl mehr.

##### **Umknickangst**

Angst vor dem Umknicken bestand bei insgesamt 3 Patienten der Gruppe A, bei 7 Patienten der Gruppe B, bei 2 Patienten der Gruppe C und bei 6 Patienten der Gruppe D bei der Ausübung sportlicher Tätigkeiten, stärkeren Belastungen und Situationen, in denen es zum ursprünglichen Umknicktrauma gekommen war.

##### **Sportliche Belastbarkeit**

Eine leichte Einschränkung der Sportfähigkeit fand sich bei 5 Patienten der Gruppe A, bei 6 Patienten der Gruppe B, bei 8 Patienten der Gruppe C und bei 5 Patienten der Gruppe D.

Damit konnte die Anzahl der Angaben über eine Einschränkung etwa halbiert werden.

1 Patient der Gruppe C berichtete über erhebliche Einschränkungen beim Sport. Gleichzeitig bestanden noch subjektiv oder objektiv Beweglichkeitsdefizite in Dorsalextension und Angst vor dem Umknicken bei der Ausübung des Sportes.

##### **Schmerzbeurteilung**

Bei der Schmerzbeurteilung zeigten alle vier Gruppen gute Ergebnisse, wobei die Note 1 18 mal bei Gruppe A, 14 mal bei Gruppe B, 17 mal bei Gruppe C und 16 mal bei Gruppe D, gefolgt von der Note 2 am häufigsten vergeben wurde. Lediglich jeweils ein Patient der Gruppe B wählte die Benotung 4 bei ansonsten objektiv und subjektiv unauffälligem oberen Sprunggelenk. Statistische Unterschiede bezüglich der Schmerzangaben der einzelnen Gruppen konnten nicht festgestellt werden.

##### **Stabilitätsbeurteilung**

In der Bewertung des Stabilitätsgefühls wählte die Gruppe A 15 mal die Benotung 1 und 10 mal die Benotung 2.

Die Gruppe B wählte 14 mal die Benotung 1, 10 mal die Benotung 2 und ein mal die Benotung 3. Die Gruppe C wählte 6 mal die Benotung 1, 13 mal die Benotung 2 und einmal die Benotung 4. Die Gruppe D wählte 9 mal die Benotung 1, 12 mal die Benotung 2 und 2 mal die Benotung 3. Der Notendurchschnitt der Gruppen betrug für die Gruppe A 1,4, Gruppe B 1,48, Gruppe C 1,8 und für die Gruppe D 1,7.

*Gruppe A unterschied sich statistisch signifikant von Gruppe C ( $p=0,037$ ).*

*Es zeigte sich darüber hinaus eine signifikant bessere Beurteilung der subjektiven Stabilität ( $p=0,02$ ) zugunsten der operativen Gruppe gegenüber der konservativen Gruppe.*

### Verlaufsbeurteilung

Das Heilungsergebnis wurde von allen Gruppen sehr positiv beurteilt.

In der Gruppe A wählten 18 Patienten die Note 1 und 7 Patienten die Note 2. In der Gruppe B wählten 19 Patienten die Note 1 und 6 Patienten die Note 2. In der Gruppe C wählten 12 Patienten die Note 1, 8 Patienten die Note 2 und ein Patient die Note 3. In der Gruppe D 14 Patienten die Note 1 und 9 Patienten die Note 2.

Der Notendurchschnitt der Gruppen A bis D (1,28 bei Gruppe A, 1,24 bei Gruppe B, 1,37 bei Gruppe C und 1,39 bei Gruppe D), sowie der Gruppen Operativ, Konservativ, Stabilschuh und Schiene zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied, obwohl die Gruppen C und D und damit die Gruppe Konservativ tendenziös schlechtere Ergebnisse aufwies.

### 5.4.3 Radiologische Untersuchung 1

Der Talusvorschub der Gruppe A zeigte nach 12 Wochen einen Mittelwert von 5,8mm (+/- 1,96mm). In der Gruppe B lag der Mittelwert bei 5,8mm (+/- 2,21mm), Gruppe C verzeichnete einen Mittelwert bei 7mm (+/- 2,5mm). Gruppe D lag bei 6,7mm (+/- 2,26mm).

Bei der Gruppe A betrug die Taluskippung im Mittel 3,2° (+/- 2,49°). Bei der Gruppe B betrug die Taluskippung 3,8° (+/- 3,48°), Gruppe C wies 3,7° auf (+/- 2,94°), Gruppe D 4° (+/- 3,31°) (siehe Tab. 20).

Zwischen den einzelnen Gruppen konnte weder für den Talusvorschub noch für die Taluskippung ein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Tabelle 20: Radiologische Meßwerte 1 - 12 Wochen

	Talusvorschub (mm) <i>n. s.</i>	Taluskippung (°) <i>n. s.</i>
Gruppe A	5,8 +/- 1,96	3,2 +/- 2,49
Gruppe B	5,8 +/- 2,21	3,8 +/- 3,48
Gruppe C	7,0 +/- 2,50	3,7 +/- 2,94
Gruppe D	6,7 +/- 2,26	4,0 +/- 3,31

Die Werte des Stabilitätsgewinnes betragen im einzelnen 5,0mm bzw. 9,7° für die Gruppe A, 4,7mm bzw. 12,6° für die Gruppe B, 3,6mm bzw. 9,7° für die Gruppe C und 3,4mm bzw. 10,2° für die Gruppe D (siehe Tab. 21).

Tabelle 21: Stabilitätsgewinn 1 - 12 Wochen

	Talusvorschub (mm)	Taluskipfung (°)
Gruppe A	5,0	9,7
Gruppe B	4,7	12,6
Gruppe C	3,6	9,7
Gruppe D	3,4	10,2

Für alle vier Gruppen ließ sich ein statistisch hoch signifikanter radiologischer Stabilitätsgewinn sowohl für den Talusvorschub als auch für die Taluskipfung im Vergleich zur Ausgangsuntersuchung errechnen ( $p \leq 0,001$ ).

Bei einem Patienten der Gruppe A, 3 Patienten der Gruppe B, 2 Patienten der Gruppe C und 2 Patienten der Gruppe D ließen sich initiale, dezente degenerative Erscheinungen nachweisen, die auf den Unfallaufnahmen nicht zu erkennen waren. Im einzelnen waren es kleinste Ausziehungen der ventralen oder dorsalen Tibiakante, der Fibulaspitze oder der Tibiaspitze zum Calcaneus hin, sowie Ausziehungen an der ventralen oder dorsalen Knorpelknochengrenze des Taluskopfes.

Die Gruppe Operativ zeigte einen Mittelwert für den Talusvorschub von 5,8mm (+/- 2,05mm), für die Taluskipfung von 3,5° (+/- 2,99°), die Gruppe Konservativ 6,8mm Talusvorschub (+/- 2,32mm) und 3,8° Taluskipfung (+/- 3,07°) (siehe Tab. 22).

Die Gruppe Stabilschuh zeigte einen Mittelwert für den Talusvorschub von 6,3mm (+/- 2,25mm), für die Taluskipfung von 3,4° (+/- 2,65°), die Gruppe Schiene 6,3mm Talusvorschub (+/- 1,93mm) und 3,9° Taluskipfung (+/- 3,20°) (siehe Tab. 22).

Tabelle 22: Radiologische Meßwerte 2 - 12 Wochen

	Talusvorschub (mm)	Taluskipfung (°) n. s.
Operativ	5,8 +/- 2,05*	3,5 +/- 2,99
Konservativ	6,8 +/- 2,32*	3,8 +/- 3,07
Stabilschuh	6,3 +/- 2,25	3,4 +/- 2,65
Schiene	6,3 +/- 1,93	3,9 +/- 3,20

In der statistischen Auswertung dieser Gruppen schnitten die Operierten gegenüber den konservativ Therapierten bezüglich des Talusvorschubes statistisch ( $p = 0,028$ ) besser ab.

Ohne statistische Signifikanz fielen die besseren Ergebnisse im Stabilitätsgewinn der Operierten gegenüber den konservativ Behandelten auf.

Tabelle 23: Stabilitätsgewinn 2 - 12 Wochen

	Talusvorschub (mm)	Taluskipfung (°)
Operativ	4,8	11,1
Konservativ	3,5	9,9
Stabilschuh	4,4	9,7
Schiene	4,1	11,4

Für alle vier zusammengefaßten Gruppen ließ sich ebenfalls ein statistisch signifikanter radiologischer Stabilitätsgewinn sowohl für den Talusvorschub als auch die Taluskipfung errechnen ( $p \leq 0,001$ ) (siehe Tab. 23).

Durch die Berechnung der Korrelationskoeffizienten wurde nach Zusammenhängen zwischen den Werten vor der Therapie und nach 12 Wochen geforscht.

Für keine der einzelnen Gruppen A bis D konnte kein Koeffizient größer als 0,44 gefunden werden.

In den zusammengefaßten Gruppen lag der maximale Wert bei 0,66.

#### 5.4.5 Score 1 nach 12 Wochen

Während die Scorewerte in der Eingangsuntersuchung ähnlich waren, differierten sie nach 12 Wochen zum Teil erheblich.

Gruppe A erreichte einen Scorewert von 2,5 (+/-1,4), Gruppe B einen Scorewert von 3,4 (+/-1,9), Gruppe C einen Scorewert von 4 (+/-2,3) und Gruppe D erreichte einen Scorewert von 4,4 (+/-1,9).

*In der statistischen Prüfung unterschied sich Gruppe A von D hoch signifikant ( $p=0,0003$ ) und Gruppe A von C signifikant ( $p=0,015$ ).*

Die Operierten erreichten einen Score von 2,9 (+/-1,7), die konservativ Behandelten einen Score von 4,2 (+/-2,1), die mit dem Stabilschuh Nachbehandelten einen Score von 3,2 (+/-2,0), die mit der Schiene Nachbehandelten einen Score von 3,9 (+/-1,9).

*Es trat ein hoch signifikanter Unterschied zugunsten der operativen gegenüber der konservativen Gruppe ( $p=0,002$ ) auf.*

#### 5.4.4 Zusammenfassung der Befunde

- Bei der klinischen Stabilitätsprüfung, besonders in der Taluskippung, schien die Gruppe A den anderen Gruppen überlegen zu sein.
- In der klinischen Stabilitätsprüfung zeichneten sich Vorteile zugunsten der Stabilschuhbehandlung ab.
- Die subjektive Angabe des Stabilitätsgefühls ließ Vorteile für die operativen Gruppen A und B erkennen.
- Es zeigte sich ein deutlicher radiologischer Stabilitätsgewinn für alle Gruppen im Vergleich zur Ausgangsuntersuchung.
- Bei der Auswertung des Talusvorschubes in der Röntgenstressaufnahme war die Gruppe Operativ deutlich besser, als die Gruppe Konservativ.
- In der Scorewertung fanden sich deutliche Vorteile bei Gruppe A gegenüber den Gruppen C und D. Ebenso war die Scorewertung der Gruppe Operativ deutlich besser, als die der Gruppe Konservativ

### 5.5 Ergebnisse der dritten Nachuntersuchung nach 6 Monaten

#### 5.5.1 Klinische Untersuchung

##### Stabilität

Der Talusvorschub wurde 17 Patienten der Gruppe A (68%) als stabil und bei 7 (28%) als Grad 1 instabil und bei einem Patienten (4%) als Grad 2 bewertet.

In Gruppe B bei 16 (64%) Patienten als stabil und bei 9 (36%) als Grad 1 instabil. Bei der Gruppe C fanden sich neben 15 (70%) Stablen insgesamt 6 (30%) leicht instabile Patienten.

In der Gruppe D wurden 14 (61%) Stabile neben 8 (35%) leicht Instabilen und einem Patienten mit Grad 2 Instabilität gefunden.  
Dieser Befund sprach insgesamt für eine leichte Verschlechterung des klinischen Stabilitätsbefundes.  
Die Taluskipfung wurde bei 20 Patienten der Gruppe A (80%) als stabil, bei 5 (20%) als Grad 1 instabil bewertet.  
In Gruppe B bei ebenfalls 20 Patienten (80%) als stabil und bei 5 Patienten (20%) als Grad 1 instabil.  
In der Gruppe C war neben 19 stabilen Patienten (90%) zwei Patienten (10%) leicht instabil.  
In der Gruppe D 18 (78%) stabil neben 5 (22%) leicht Instabilen.  
Es fanden sich in keiner der Untersuchungsgruppen stärkere Instabilitäten als Grad 1 für die Taluskipfung.

Im direkten Vergleich der Gruppen konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede bei Taluskipfung oder Talusvorschub festgestellt werden.

Für die Gruppen Operativ versus Konservativ und Stabilschuh versus Schiene konnten ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden (siehe Tab. 24).

Tabelle 24: Klinische Instabilität 3 – 6 Monate

n	Talusvorschub <i>n. s.</i>			Taluskipfung <i>n. s.</i>	
	Grad 0	Grad 1	Grad 2	Grad 0	Grad 1
Gruppe A	17 (68%)	7 (28%)	1 (4%)	20 (80%)	5 (20%)
Gruppe B	16 (64%)	9 (36%)	0	20 (80%)	5 (20%)
Gruppe C	15 (70%)	6 (30%)	0	19 (90%)	2 (10%)
Gruppe D	14 (61%)	8 (35%)	1 (4%)	18 (78%)	5 (22%)
Operativ	33 (66%)	16 (32%)	1 (2%)	40 (80%)	10 (20%)
Konservativ	29 (65%)	14 (33%)	1 (2%)	37 (84%)	7 (16%)
Stabilschuh	32 (69%)	13 (29%)	1 (2%)	39 (84%)	7 (16%)
Schiene	30 (63%)	17 (35%)	1 (2%)	38 (79%)	10 (21%)

## Beweglichkeit

In Gruppe A fanden sich 16 frei bewegliche Gelenke, 8 Gelenke waren in einer Richtung und eines in zwei Richtungen bewegungseingeschränkt.

In Gruppe B waren 19 Gelenke frei und 6 in eine Richtung eingeschränkt.

In Gruppe C fanden sich 15 Gelenke frei beweglich, eines war in eine Richtung, 4 in zwei Richtungen bewegungseingeschränkt.

Die Gruppe D hatte 16 Gelenke frei beweglich und 6 Gelenke waren in eine Richtung bewegungseingeschränkt.

*Die Gruppe B zeigte einen statistisch signifikant, besseren Bewegungsbefund als Gruppe C ( $p=0,048$ ) in Dorsalextensionsrichtung.*

Unterschiede zwischen den zusammengefaßten Gruppen konnten nicht festgestellt werden.

Am wenigsten betraf die Bewegungseinschränkung die Bewegung in Pronation, insgesamt 2 mal in Gruppe A und 1 mal in Gruppe C, keine dieser Einschränkungen konnte als klinisch relevant (mehr als  $10^\circ$  im Seitenvergleich) verzeichnet werden.

In Dorsalextensionsrichtung wurden 2 mal in Gruppe A, 3 mal in Gruppe C und 1 mal in Gruppe D Einschränkungen gefunden, hier mit einer relevanten Bewegungseinschränkung in der Gruppen A. Deutlich reduziert zeigten sich die Bewegungseinschränkungen in Plantarflexion 1 mal in Gruppe B, 2 mal in Gruppe C und 3 mal in Gruppe D wurden Einschränkungen gefunden.

Rückläufig aber trotzdem häufiger waren die Bewegungseinschränkungen in Supination zu finden. In Gruppe A zeigten 6 Patienten, in Gruppe B 5 Patienten, in Gruppe C 3 Patienten und in Gruppe D 3 Patienten ein leichtes Supinationsdefizit. Keines dieser Defizite war als relevant ( $>10^\circ$ ) anzusehen.

### **Schwellungszustand**

Im Seitenvergleich fanden sich Durchschnittswerte von 0,2cm in der Gruppe A, 0,1cm in der Gruppe B, 0,2cm in der Gruppe C und 0,1cm in der Gruppe D. Bei insgesamt 20 Patienten der Gruppe A, 21 Patienten der Gruppe B, 17 Patienten der Gruppe C und 20 Patienten der Gruppe D konnte zu diesem Zeitpunkt keine Schwellung mehr nachgewiesen werden.

Die Maximalwerte lagen bei jeweils 1,0cm bei allen Gruppen.

Damit reduzierte sich sowohl der Schwellungszustand als auch die maximal gemessenen Umfänge aller vier Patientengruppen leicht im Vergleich zur ersten Nachuntersuchung.

## **5.5.2 Subjektive Beurteilung**

### **Umknickhäufigkeit**

Zwei Patienten der Gruppe A, vier Patienten der Gruppe B, zwei Patienten der Gruppe C und ein Patient der Gruppe D gaben an, zwischen der zweiten und dritten Nachuntersuchung noch einmal mit dem gleichen Sprunggelenk ein leichtes Umknickereignis verspürt zu haben. In allen neun Fällen unterblieb aufgrund fehlender klinischer Symptomatik eine ärztliche Kontrolle. Ein Patient der Gruppe A gab an, dieses Umknickgefühl häufiger zu haben, allerdings ohne Angst vor dem Umknicken oder Instabilitätsgefühl.

### **Unsicherheitsgefühl**

Keiner der Patienten berichtete mehr über Unsicherheitsgefühl beim Gehen.

### **Umknickangst**

Angst vor dem Umknicken bestand bei einem Patienten der Gruppe C und bei 3 Patienten der Gruppe D.

*Statistisch wurden Vorteile der Gruppen A und B gegenüber Gruppe C auf hohem bzw. niedrigem Signifikanzniveau ( $p=0,004$  bzw.  $p=0,018$ ), sowie Vorteile der operativen gegenüber der konservativen Gruppe mit hohem Signifikanzniveau ( $p=0,004$ ) gefunden.*

### **Sportliche Belastbarkeit**

Eine leichte Einschränkung der Sportfähigkeit fand sich nur noch bei 2 Patienten der Gruppe C, alle anderen Patienten waren völlig frei sportfähig.

*Statistisch gesehen waren Patienten der Gruppe C deutlich mehr eingeschränkt, als die anderen Patienten ( $p=0,01$ ).*

*Hoch signifikant ( $p\leq 0,01$ ) war der Vergleich operative gegen konservative Gruppe zugunsten der Operierten und Schiene gegen Stabilschuh zugunsten der Schienengruppe.*

## Schmerzbeurteilung

Bei der Schmerzbeurteilung zeigten alle vier Gruppen wiederum etwa gleichwertige Ergebnisse, wobei die Note 1 am häufigsten vergeben wurde.

Zwei Patienten der Gruppe A wählten die Benotung 2. Drei Patienten der Gruppe B wählten die 2, einer wählte die Benotung 3 bei ansonsten unauffälligem Sprunggelenk. In den Gruppe C und D wählten je ein Patient die Benotung 2 und 3.

Statistische Unterschiede bezüglich der Schmerzangaben der einzelnen Gruppen konnten nicht festgestellt werden, ebensowenig für die zusammengefaßten Gruppen.

## Stabilitätsbeurteilung

In der Bewertung des Stabilitätsgefühls wählte die Gruppe A 18 mal die Benotung 1 und 7 mal die Benotung 2.

Die Gruppe B wählte 17 mal die Benotung 1 und 8 mal die Benotung 2.

Die Gruppe C wählte 6 mal die Benotung 1, 13 mal die Benotung 2.

Die Gruppe D wählte 13 mal die Benotung 1, 9 mal die Benotung 2 und 1 mal die Benotung 4.

Der Notendurchschnitt betrug für die Gruppe A 1,28, Gruppe B 1,32, Gruppe C 1,7 und für die Gruppe D 1,52.

*Die Gruppen A und B unterschieden sich statistisch ( $p=0,006$  bzw.  $p=0,012$ ) gegenüber Gruppe C bezüglich des Stabilitätsgefühles.*

*Die subjektive Stabilität der operativen Gruppe war gegenüber den konservativ Behandelten besser ( $p=0,01$ ).*

## Verlaufsbeurteilung

Das Heilungsergebnis wurde von allen Gruppen sehr positiv beurteilt.

In den Gruppen A und B wählten jeweils 20 Patienten die Note 1 und 5 Patienten die Note 2, in der Gruppe C wählten 11 Patienten die Note 1, 8 Patienten die Note 2 und ein Patient die Note 4, in der Gruppe D 16 Patienten die Note 1 und 7 Patienten die Note 2.

Hier zeigte der Notendurchschnitt der Gruppen A bis D (1,2 bei Gruppe A, 1,2 bei Gruppe B, 1,55 bei Gruppe C und 1,3 bei Gruppe D), sowie der der Gruppen Operativ, Konservativ, Stabilschuh und Schiene keinen statistisch signifikanten Unterschied, obwohl die Gruppen C und D und die Gruppe Konservativ tendenziös schlechtere Ergebnisse aufwies.

### 5.5.3 Isokinetischer Test 2

Das maximale isokinetische Drehmoment der Dorsalextension der Gruppe A ergab für das verletzte obere Sprunggelenk 39Nm und 35Nm für die unverletzte Seite (Differenz im Mittel 4,3Nm). Die Plantarflektion betrug auf der beiden Seite 60Nm (Differenz im Mittel <1Nm zugunsten der verletzten Seite).

Für die Dorsalextension streuten die individuellen Werte zwischen 21 und 71Nm auf der verletzten Seite und zwischen 16 und 68Nm auf der unverletzten Seite. Plantarflektorisches streuten die Werte auf der verletzten Seite von 21 - 107Nm, auf der unverletzten Seite von 22 - 108Nm.

Das maximale Drehmoment der Gruppe B zeigte im Seitenvergleich höhere Werte als Gruppe A. Der Mittelwert der verletzten Seite betrug in der Dorsalextension 41Nm, unverletzt 38Nm (Differenz im

Mittel 3Nm). In der Plantarflektion erreichte die verletzte Seite einen Mittelwert von 67Nm, die unverletzte Seite einen Mittelwert von 69Nm (Differenz im Mittel 1,3Nm). Die Maximalwerte streuten in der Plantarflektion auf der verletzten Seite von 22-112Nm, auf der unverletzten Seite von 28-131Nm, während die Dorsalextension auf der verletzten Seite zwischen Werten von 16-56Nm und auf der unverletzten Seite von 18-53Nm schwankte.

Die Messung des maximalen Drehmomentes für die Dorsalextension der Gruppe C ergab für das verletzte obere Sprunggelenk 44Nm und 43Nm für die unverletzte Seite (Differenz 1,2Nm). Die Plantarflektion betrug auf der verletzten Seite 69Nm und unverletzten Seite 71Nm (Differenz im Mittel 1,4 Nm).

Bei der Dorsalextension streuten die individuellen Werte zwischen 22 und 83Nm auf der verletzten Seite und zwischen 27 und 75Nm auf der unverletzten Seite. Plantarflektorisches bewegten sich die Werte auf der verletzten Seite zwischen 34 und 96Nm und auf der unverletzten Seite zwischen 36 und 93Nm.

Gruppe D zeigte bei der Dorsalextension für das verletzte obere Sprunggelenk 42Nm und 43Nm für die unverletzte Seite (Differenz im Mittel 0,4Nm). Die Plantarflektion betrug auf der verletzten Seite 71Nm gegenüber 69Nm auf der unverletzten Seite (Differenz im Mittel 2,4Nm).

Für die Dorsalextension streuten die individuellen Werte zwischen 20 und 71Nm auf der verletzten Seite und zwischen 12 und 77Nm auf der unverletzten Seite. Plantarflektorisches schwankten die Werte auf der verletzten Seite zwischen 34 und 124Nm und auf der unverletzten Seite zwischen 31 und 123Nm.

Tabelle 25: Maximales Isokinetisches Drehmoment 2 A – 6 Monate

Nm max.	DE verl.	DE unverl.	PF verl.	PF unverl.
Gruppe A	39**	35**	60	60
Gruppe B	41	38	67	69
Gruppe C	44	43	69	71
Gruppe D	42	43	71	69

*Bei der statistischen Auswertung des maximalen Drehmomentes zeigten sich hoch signifikante Unterschiede zwischen dem verletzten und dem unverletzten oberen Sprunggelenk der Gruppe A zugunsten der verletzten Seite ( $p=0,008$ ) (siehe Tab. 25).*

Statistisch unterschieden sich die einzelnen Gruppen nicht untereinander (siehe Tab. 25).

Tabelle 26: Maximales Isokinetisches Drehmoment 2 B - 6 Monate

Nm max.	DE verl.	DE unverl.	PF verl.	PF unverl.
Operativ	40**	36***	64	65
Konservativ	43	43*	70	70
Stabilschuh	41*	39*	64	65
Schiene	41	40	70	69

*Bei den zusammengefaßten Gruppen zeigte sich ein hoch signifikanter Unterschied zwischen verletztem und unverletztem Sprunggelenk in Dorsalextension bei der operativen Gruppe ( $p=0,001$ ) zugunsten dem Verletzten.*

*Ein signifikanter Unterschied bestand darüber hinaus bei der Dorsalextension der unverletzten Sprunggelenke zugunsten der konservativen Gruppe ( $p=0,029$ )(siehe Tab. 26).*

Bei der Zusammenfassung der Orthesengruppen zeigte sich im Vergleich des verletzten mit dem unverletzten Sprunggelenke bei der Dorsalextension ein signifikanter Unterschied ( $p=0,012$ ) bei der Schienengruppe zugunsten des verletzten Sprunggelenkes auf (siehe Tab. 26).

Im direkten Vergleich beider Orthesen traten keine Unterschiede auf.

Im Vergleich der ersten isokinetischen Untersuchung nach 6 Wochen, mit der nach 6 Monaten, fiel in den meisten Gruppen ein Zuwachs des maximalen isokinetischen Drehmomentes auf, eine Reduktion bestand nur bei Gruppe A (Plantarflektion verletzt), Gruppe B (Dorsalextension unverletzt) und Gruppe C (Plantarflektion verletzt) (siehe Tab. 27).

Statistisch signifikant war der Zuwachs nur bei Gruppe C, hier bei der Dorsalextension ( $p=0,028$ ) am verletzten und am unverletzten Sprunggelenk ( $p=0,007$ ) (siehe Tab. 27).

Ähnlich wie bei den Einzelgruppen verhielt sich die Entwicklung bei den zusammengefaßten Gruppen. Reduktionen der Maximalwerte traten nur in geringem Maße auf (siehe Tab. 27).

Statistisch hoch signifikant ( $p=0,006$ ) war die Steigerung der Stabilschuhgruppe in Dorsalextension (unverletztes Sprunggelenk), signifikant jeweils die der Stabilschuhgruppe in Dorsalextension am verletzten Sprunggelenk ( $p=0,02$ ), die der konservativen Gruppe in Dorsalextension am verletzten und unverletzten Sprunggelenk ( $p=0,014$  bzw.  $p=0,013$ ), sowie die der Schienengruppe in Plantarflektion ( $p=0,035$ ) (siehe Tab.27).

Tabelle 27: Differenz Drehmoment A- 6 Wochen und 6 Monaten

	DE verl.	DE unverl.	PF verl.	PF unverl.
Gruppe A	15%	6%	2%	0%
Gruppe B	2%	-7%	2%	4%
Gruppe C	*16%	**14%	-4%	-2%
Gruppe D	5%	5%	13%	4%
Operativ	5%	-2%	2%	2%
Konservativ	*12%	*9%	6%	3%
Stabilschuh	*12%	**13%	-2%	-2%
Schiene	2%	-2%	*9%	4%

#### 5.5.4 Balancetest 2

Die Prüfung der Balancefähigkeit zeigte für die Gruppe A eine mittlere Standfähigkeit von 31 Sekunden mit dem verletzten und 26 Sekunden mit dem unverletzten Sprunggelenk auf dem Diagonalbrett, sowie 28 beziehungsweise 23 Sekunden auf dem Longitudinalbrett.

Gruppe B erreichte 21 beziehungsweise 20 Sekunden auf dem Diagonal- und 32 beziehungsweise 22 Sekunden auf dem Longitudinalbrett.

Die verletzten Sprunggelenke der Gruppe C erreichten 16 Sekunden, die unverletzten 13 Sekunden auf dem Diagonal-, die verletzten 20 Sekunden, die unverletzten 13 Sekunden auf dem Longitudinalbrett.

Gruppe D wies auf dem Diagonalbrett mit dem Verletzten 28 Sekunden, mit dem Unverletzten 21 Sekunden, auf dem Longitudinalbrett mit beiden Seiten 28 Sekunden auf.

Die verletzte Seite ist auch nach 6 Monaten im Durchschnitt immer besser gewesen, als die unverletzte Seite (siehe Tab. 28).

Tabelle 28: Balancetest 2 A - 6 Monate

Sekunden	diagonal v.	diagonal u.	longitudinal v.	longitudinal u.
Gruppe A	31	26	28*	23*
Gruppe B	21	20	32*	22*
Gruppe C	16	13	20*	13***
Gruppe D	28	21	28	28**

*Im statistischen Vergleich zwischen verletztem und unverletztem Sprunggelenk schneidet das verletzte Sprunggelenk bei den Gruppen A, B und C auf dem Longitudinalbrett besser ab (Gruppe A  $p=0,003$ , Gruppe B  $p=0,035$  und Gruppe C  $p=0,027$ ) (siehe Tab. 28).*

*Im statistischen Vergleich der einzelnen Gruppen untereinander stellte sich ein hoch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen D und C auf dem Longitudinalbrett für das unverletzte Sprunggelenk heraus ( $p=0,006$ ). (siehe Tab. 28).*

Sowohl bei der Zusammenfassung der operativen und konservativen Gruppen, als auch bei der Zusammenfassung der Orthesengruppen zeigten sich eindeutige, statistisch signifikante Unterschiede zwischen verletztem und unverletztem Sprunggelenk (siehe Tab. 29).

Tabelle 29: Balancetest 2 B - 6 Monate

Sekunden	diagonal v.	diagonal u.	longitudinal v.	longitudinal u.
Operativ	26	23	30**	22**
Konservativ	27*	21*	28	26
Stabilschuh	24*	20*	24**	19**
Schiene	24*	20*	30	24

*Auf dem Diagonalbrett waren die verletzten Sprunggelenke der konservativen Gruppe ( $p=0,029$ ), die der Stabilschuhgruppe ( $p=0,04$ ), die der Schienengruppe ( $p=0,034$ ) signifikant besser als die unverletzte Gegenseite. Auf dem Longitudinalbrett traten hoch signifikante Unterschiede bei der operativen Gruppe ( $p=0,003$ ) und bei der Stabilschuhgruppe ( $p=0,0003$ ) zugunsten der verletzten Seite auf.*

Statistische Unterschiede zwischen den zusammengefaßten Gruppen traten nicht auf.

Ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede konnten zwischen dem ersten und dem zweiten Balancetest gefunden werden (siehe Tab. 30).

Tabelle 30: Differenz Balancetest – 6 Wochen und 6 Monate

Sekunden	diagonal v.	diagonal u.	longitudinal v.	longitudinal u.
Gruppe A	4	6	1	1
Gruppe B	-3	0	7	-1
Gruppe C	-5	-2	2	-5
Gruppe D	-5	-5	-8	-6
Operativ	0	3	4	-1
Konservativ	0	0	0	0
Stabilschuh	0	2	1	-1
Schiene	-9	-6	4	-1

### 5.5.5 Sprungkrafttest 1

Im Counter–movement–jump der Gruppe A wurde eine Höhe von 19,2cm am verletzten und 18,6cm am unverletzten Sprunggelenk erreicht. Der Squat–jump zeigte Höhen von 17,2bzw. 16,3cm.

In Gruppe B wurde beim Counter–movement–jump eine Höhe von 19,5 bzw. 19,3cm erreicht, beim Squat–jump eine Höhe von 16,7 bzw. 16,6cm.

Gruppe C erreichte beim Counter–movement–jump 20,5 bzw. 19,3cm Höhe, beim Squat–jump 18,1 bzw. 17,3cm.

Gruppe D zeigte fast Seitengleichheit mit 20 und 19,9 cm beim Counter–movement–jump und 17,4 bzw. 17,3 cm beim Squat–jump (siehe Tab.31).

Tabelle 31: Sprungkrafttest 1 - 6 Monate

	CMJ v. (cm)	CMJ u. (cm)	SJ v. (cm)	SJ u. (cm)
Gruppe A	19,2*	18,6*	17,2**	16,3**
Gruppe B	19,5	19,3	16,7	16,6
Gruppe C	20,5*	19,3**	18,1	17,3
Gruppe D	20,0	19,9	17,4	17,3
Operativ	19,3	18,9	17,0*	16,5*
Konservativ	20,2*	19,6*	17,7	17,2
Stabilschuh	19,7**	18,9**	17,6**	16,7**
Schiene	19,7	19,5	17,5	16,9

*Statistisch signifikante Unterschiede zugunsten der verletzten im Vergleich mit der unverletzten Seite traten bei Gruppe A im Counter–movement–jump ( $p=0,045$ ) bzw. beim Squat–jump ( $p=0,009$ ) auf, ebenfalls hoch signifikant war der Unterschied in Gruppe C beim Counter–movement–jump ( $p=0,002$ ) zugunsten der verletzten Seite.*

Bei der Zusammenfassung der Gruppen erreichte die verletzte Seite bessere Werte (siehe Tab.31).

*Der Unterschied war statistisch signifikant bei der operativen Gruppe im Squat–jump ( $p=0,023$ ), bei der konservativen Gruppe im Counter–movement–jump ( $p=0,029$ ) und hoch signifikant bei der Stabilschuhgruppe ( $p=0,0003$ ) für den Counter–movement–jump und für den Squat–jump ( $p=0,001$ ) jeweils zugunsten der verletzten Seite.*

### 5.5.6 Zusammenfassung der Befunde

- Bei den subjektiven Parametern (Angst vor dem Umknicken, Einschränkungen der Sportfähigkeit und subjektives Stabilitätsgefühl) waren die operativen Gruppen A und B sowie die gemeinsame operative Gruppe besser als die konservativ Behandelten, besonders Gruppe C.
- Bei der isokinetischen Messung des maximalen Drehmomentes fand man regelmäßig bessere Ergebnisse bei den verletzten Sprunggelenken und hier besonders in Dorsalextension. Signifikante Ergebnisse wurden bei den Gruppen A, Operativ und Stabilschuh gesehen.
- Bei der Messung der Differenz des maximalen Drehmomentes im Vergleich zur Voruntersuchung, fielen in der Regel höhere Werte auf. Eine Signifikante Steigerung trat bei den Gruppen C, Konservativ und Stabilschuh in der Dorsalextension, sowie bei der Gruppe Schiene in der Plantarflektion auf.

- Das verletzte Sprunggelenk zeigte bei allen Balancetests im Durchschnitt längere Standzeiten, als das unverletzte Sprunggelenk, z. T. statistisch signifikant.
- Die Sprunghöhe war am verletzten Sprunggelenk deutlich höher als am unverletzten Sprunggelenk. Signifikante Unterschiede zeigten sich bei den Gruppen A, Operativ nur im Squat – jump und Konservativ nur im Counter – movement – jump. Hoch signifikante Unterschiede zeigten sich bei den Gruppen Stabilschuh, A im Squat – jump und C im Counter – movement – jump.

## 5.6 Ergebnisse der vierten Nachuntersuchung nach 12 Monaten

### 5.6.1 Klinische Untersuchung

#### Stabilität

Der Talusvorschub wurde bei 19 Patienten der Gruppe A (76%) als stabil, bei 6 (24%) als Grad 1 instabil bewertet. In Gruppe B bei 17 (68%) als stabil, 7 (28%) als Grad 1 instabil und bei einem Patienten (4%) als Grad 2 instabil. Bei der Gruppe C fanden sich neben 14 (65%) Stablen insgesamt 6 (30%) leicht Instabile und eine (5%) Grad 2 Instabilität. In der Gruppe D wurden 13 (57%) Stabile neben 9 (39%) leicht Instabilen und einem Patienten (4%) mit Grad 2 Instabilität gefunden.

Die Taluskippung wurde bei 24 Patienten der Gruppe A (96%) als stabil und bei einem (4%) als Grad 1 instabil bewertet, in der Gruppe B bei 20 (80%) als stabil, bei 4 (16%) als leicht instabil und bei einer Patientin (4%) als schwere Instabilität Grad 3 bewertet. In der Gruppe C waren neben 17 (80%) stabilen Befunden insgesamt 3 (15%) leicht instabile Befunde, sowie ein Instabilitätsbefund Grad 2 (5%) zu finden. In der Gruppe D waren 20 (87%) stabile neben 3 (13%) leicht instabilen Befunden zu finden.

Bei der klinischen Stabilitätsuntersuchung nach 12 Monaten zeigten sich keine statistischen Unterschiede zwischen den vier Behandlungsgruppen (siehe Tab. 32).

Für die Gruppen Operativ, Konservativ, Stabilschuh und Schiene konnten ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden (siehe Tab. 32).

Tabelle 32: Klinische Instabilität 4 – 12 Monate

n	Talusvorschub <i>n. s.</i>			Taluskipung <i>n. s.</i>		
	Grad 0	Grad 1	Grad 2	Grad 0	Grad 1	Grad 2/3
Gruppe A	19 (76%)	6 (24%)	0	24 (96%)	1 (4%)	0
Gruppe B	17 (68%)	7 (28%)	1 (4%)	20 (80%)	4 (16%)	1 (4%)
Gruppe C	14 (65%)	6 (30%)	1 (5%)	17 (80%)	3 (15%)	1 (5%)
Gruppe D	13 (57%)	9 (39%)	1 (4%)	20 (87%)	3 (13%)	0
Operativ	36 (72%)	13 (26%)	1 (2%)	44 (88%)	5 (10%)	1 (2%)
Konservativ	27 (60%)	15 (35%)	2 (5%)	37 (84%)	6 (14%)	1 (2%)
Stabilschuh	33 (71%)	12 (27%)	1 (2%)	41 (89%)	4 (9%)	1 (2%)
Schiene	30 (63%)	16 (33%)	2 (4%)	40 (83%)	7 (15%)	1 (2%)

#### Beweglichkeit

In Gruppe A fanden sich insgesamt 22 frei bewegliche Gelenke, 3 Gelenke waren in einer Richtung bewegungseingeschränkt.

In Gruppe B waren 24 Gelenke frei und eines in eine Richtung eingeschränkt.

In Gruppe C fanden sich 19 Gelenke frei beweglich, eines war in zwei Richtungen bewegungseingeschränkt.

Die Gruppe D hatte 22 Gelenke frei beweglich und eines war in eine Richtung bewegungseingeschränkt.

Die Gruppen unterschieden sich statistisch nicht voneinander.

Pronation und Plantarflektion waren nicht mehr eingeschränkt, in Dorsalextensionsrichtung wurden ein mal in Gruppe A eine Einschränkung gefunden, die restlichen Bewegungseinschränkungen waren in Supination zu finden, wobei eine in Gruppe B als relevant ( $>10^\circ$ ) einzustufen war.

### **Schwellungszustand**

Es fanden sich in allen Gruppen Durchschnittswerte um 0,1cm im Seitenvergleich. Bei insgesamt 23 Patienten der Gruppe A, 21 Patienten der Gruppe B, 18 Patienten der Gruppe C und 20 Patienten der Gruppe D konnte zu diesem Zeitpunkt keine Schwellung mehr nachgewiesen werden.

Damit reduzierte sich der Schwellungszustand aller vier Patientengruppen leicht im Vergleich zur ersten Nachuntersuchung (siehe Tab.33).

Tabelle 33: Entwicklung Schwellungszustand (Seitendifferenz)

cm	A (cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)
Prätherapeut.	1,5	1,7	1,5	1,6
NU 1	0,9	0,8	0,7	0,7
NU 2	0,1	0,3	0,3	0,4
NU 3	0,2	0,1	0,2	0,1
NU 4	0,1	0,1	0,1	0,1

## **5.6.2 Subjektive Beurteilung**

### **Umknickhäufigkeit**

Zwei Patienten der Gruppe A, fünf Patienten der Gruppe B, zwei Patienten der Gruppe C und ein Patient der Gruppe D gaben an, zwischen der dritten und vierten Nachuntersuchung noch einmal ein Umknickereignis gehabt zu haben. Ein Patient der Gruppe A und zwei Patienten der Gruppe B zeigten gleichzeitig auch stärkere klinische und radiologische Instabilitäten.

Ein Unterschied zwischen den Gruppen konnte aber nicht festgestellt werden.

### **Unsicherheitsgefühl**

Wie in der vorangehenden Untersuchung berichtete keiner der Patienten mehr über Unsicherheitsgefühl beim Gehen.

### **Umknickangst**

Angst vor dem Umknicken bestand wie in der vorhergehenden Untersuchung bei einem Patienten der Gruppe C und bei zwei Patienten der Gruppe D.

*Statistisch konnten hier Vorteile der operativen Gruppe gegenüber der konservativen Gruppe ( $p=0,028$ ) festgestellt werden.*

### **Sportliche Belastbarkeit**

Eine leichte Einschränkung der Sportfähigkeit fand sich bei einem Patienten der Gruppe A und bei 2 Patienten der Gruppe C, alle anderen Patienten waren völlig frei sportfähig.

*Statistisch trat im Vergleich aller Gruppen jeweils eine hohe Signifikanz ( $p \leq 0,01$ ) gegen Gruppe C auf.*

*Hoch signifikant ( $p \leq 0,01$ ) besser waren die Gruppen Operativ und Schiene.*

### **Schmerzbeurteilung**

Gruppe A wählte nur Note 1. Drei Patienten der Gruppen B wählten Note 2. In der Gruppe C wählten je ein Patient die Benotung 2 und 3. In Gruppe D wählten drei Patienten Note 2.

Statistische Unterschiede konnten nicht festgestellt werden.

### **Stabilitätsbeurteilung**

Insgesamt zeigte sich eine Stabilitätszunahme im Vergleich zu den Voruntersuchungen.

Die Gruppe A wählte 21 mal die Benotung 1 und 4 mal die Benotung 2.

Die Gruppe B wählte 18 mal die Benotung 1 und 7 mal die Benotung 2.

Die Gruppe C wählte 11 mal die Benotung 1 und 9 mal die Benotung 2.

Die Gruppe D wählte 13 mal die Benotung 1, 9 mal die Benotung 2 und 1 mal die Benotung 3.

Der Notendurchschnitt der Gruppen betrug für die Gruppe A 1,16, Gruppe B 1,29, Gruppe C 1,45 und für die Gruppe D 1,48.

*Die Gruppe A unterschied sich statistisch ( $p=0,035$ ) gegenüber Gruppe C und D.*

*Das subjektive Stabilitätsempfinden der operativen Gruppe war signifikant besser ( $p=0,02$ ).*

### **Verlaufsbeurteilung**

In den Gruppen A und B wählten 22 Patienten die Note 1 und 3 Patienten die Note 2. In der Gruppe C wählten 14 Patienten die Note 1, 5 Patienten die Note 2 und ein Patient die Note 4. In der Gruppe D wählten 18 Patienten die Note 1, 4 Patienten die Note 2 und ein Patient die Note 4.

Hier zeigte der Notendurchschnitt der Gruppen A bis D (1,12 bei Gruppe A, 1,12 bei Gruppe B, 1,4 bei Gruppe C und 1,3 bei Gruppe D), sowie der der Gruppen Operativ, Konservativ, Stabilschuh und Schiene keinen statistisch signifikanten Unterschied.

### **5.6.3 Radiologische Untersuchung 2**

Die operative Gruppe A wies nach 12 Monaten einen Talusvorschub von 5mm (+/- 1,5mm) auf. Bei der Gruppe B lag der Mittelwert für den Talusvorschub bei 5,3mm (+/- 2,4mm). Die Gruppe C zeigte 6mm Talusvorschub (+/- 1,9mm), Gruppe D wies 5,4mm Talusvorschub (+/- 1,6mm) auf.

Die Taluskippung betrug bei Gruppe A  $1,9^\circ$  (+/-  $1,9^\circ$ ), die der Gruppe B  $3^\circ$  (+/-  $4,1^\circ$ ), die der Gruppe C  $2,5^\circ$  (+/-  $2,6^\circ$ ) und die der Gruppe D  $2,6^\circ$  (+/-  $2,9^\circ$ ) (siehe Tab. 34).

Tabelle 34: Radiologische Meßwerte 1 - 12 Monate

	Talusvorschub (mm)	Taluskipfung (°)
Gruppe A	5,0 +/- 1,54	1,9 +/- 1,86
Gruppe B	5,3 +/- 2,40	3,0 +/- 4,11
Gruppe C	6,0 +/- 1,89	2,5 +/- 2,63
Gruppe D	5,4 +/- 1,65	2,6 +/- 2,87

Statistisch relevante Unterschiede konnten nicht festgestellt werden.

Der Stabilitätsgewinn (**111**) im Vergleich zur Zwischenuntersuchung betrug für Gruppe A 0,8mm Talusvorschub bzw. 1,3° Taluskipfung, für Gruppe B 0,6mm bzw. 0,9°, für Gruppe C 1mm bzw. 1,2° und für Gruppe D 1,3mm bzw. 1,4° (siehe Tab. 35).

Tabelle 35: Stabilitätsgewinn 1 - 12 Monate – Differenz zu 12 Wochen

	Talusvorschub (mm)	Taluskipfung (°)
Gruppe A	0,8*	1,3**
Gruppe B	0,6	0,9
Gruppe C	1,0*	1,2**
Gruppe D	1,3**	1,4**

*Eine statistisch signifikante Verbesserung fand sich beim Talusvorschub der Gruppe A ( $p=0,018$ ), der Gruppe C ( $p=0,024$ ) und beim Talusvorschub der Gruppe D ( $p=0,005$ ) sowie bei der Taluskipfung der Gruppen A ( $p=0,002$ ), C ( $p=0,009$ ) und D ( $p=0,007$ ). Gruppe B zeigte keine statistisch signifikante Verbesserung.*

Diese weitere Steigerung ergab einen Gesamtstabilitätsgewinn für die Gruppe A von 5,8mm und 11°, für die Gruppe B 5,3mm und 13,4°, für Gruppe C 4,6mm und 10,9° und für Gruppe D 4,7mm und 11,5° (siehe Tab. 36).

Tabelle 36: Gesamtstabilitätsgewinn 1 - 12 Monate

	Talusvorschub (mm)	Taluskipfung (°)
Gruppe A	5,8	11,0
Gruppe B	5,3	13,4
Gruppe C	4,6	10,9
Gruppe D	4,7	11,5

*Für alle vier Gruppen blieb der statistisch hoch signifikante Gesamtstabilitätsgewinn sowohl für den Talusvorschub als auch für die Taluskipfung ( $p \leq 0,001$ ) bestehen.*

2 Patienten der Gruppe A, 3 Patienten der Gruppe B, 4 Patienten der Gruppe C und 4 Patienten der Gruppe D hatten geringgradige degenerative Veränderungen aufzuweisen. Ein Patient der Gruppe C zeigte bei der radiologischen Kontrolle schon deutlichere Anzeichen einer Gelenkmehrbelastung im Sinne einer initialen Arthrose mit kleinen Ausziehungen der ventralen und dorsalen Tibiakante ohne weitere klinische Symptomatik.

Röntgenologisch zeigten die Operierten einen Talusvorschub von 5,1mm (+/- 1,99mm), eine Taluskipfung von 2,4° (+/- 3,18°), die Konservativen 5,7mm Talusvorschub (+/- 1,75mm) und 2,5° Taluskipfung (+/- 2,7°).

Die Gruppe Stabilschuh zeigte einen Mittelwert für den Talusvorschub von 5,4mm (+/- 1,74mm), für die Taluskippung von 2,1° (+/- 2,2°), die Gruppe Schiene 5,4mm Talusvorschub (+/- 2,04mm) und 2,8° Taluskippung (+/- 3,51°) (siehe Tab. 37).

Tabelle 37: Radiologische Meßwerte 2 -12 Monate

	Talusvorschub (mm)	Taluskipfung (°)
Operativ	5,1 +/- 1,99	2,4 +/- 3,18
Konservativ	5,7 +/- 1,75	2,5 +/- 2,70
Stabilschuh	5,4 +/- 1,74	2,1 +/- 2,20
Schiene	5,4 +/- 2,04	2,8 +/- 3,51

Statistische Unterschiede zwischen den Gruppen konnten nicht mehr festgestellt werden.

Tabelle 38: Stabilitätsgewinn 2 - 12 Monate – Differenz zu 12 Wochen

	Talusvorschub (mm)	Taluskipfung (°)
Operativ	0,7	1,1
Konservativ	1,1	1,3
Stabilschuh	0,9	1,3
Schiene	0,9	1,1

*Für alle vier Gruppen ließ sich im Vergleich zur Zwischenuntersuchung ein statistisch hoch signifikanter radiologischer Stabilitätsgewinn sowohl für den Talusvorschub als auch die Taluskippung errechnen ( $p < 0,001$ ).*

(Siehe Tab. 38).

Tabelle 39: Gesamtstabilitätsgewinn 2 - 12 Monate

	Talusvorschub (mm)	Taluskipfung (°)
Operativ	5,5	12,2
Konservativ	4,7	11,2
Stabilschuh	5,3	10,9
Schiene	5,0	12,5

*Der Gesamtstabilitätsgewinn vom Unfall bis zur letzten Nachuntersuchung war ebenfalls in allen Gruppen hoch signifikant anzusehen ( $p < 0,001$ ).*

(Siehe Tab. 39).

Tendenziös besser waren die Ergebnisse der Operierten gegenüber den Konservativen, während die Ergebnisse der mit Gruppe Schiene gegenüber der Gruppe Stabilschuh etwa gleichwertig waren.

Durch die Berechnung der Korrelationskoeffizienten wurden Zusammenhänge zwischen den gemessenen Werten nach 12 Wochen und nach 12 Monaten dargestellt.

Höchste Korrelation bestand bei der Gruppe B in der Taluskippung mit  $r=0,75$ , C in der Taluskippung mit  $r=0,78$  und im Talusvorschub mit  $r=0,73$ , sowie D in der Taluskippung mit  $r=0,76$ .

In den zusammengefaßten Gruppen lag der höchste Zusammenhang bei der Taluskippung der operativen Gruppe mit  $r=0,73$ , der konservativen Gruppe mit  $r=0,77$ , der Stabilschuhgruppe mit  $r=0,74$  und der Schienengruppe mit  $r=0,83$ .

Der Talusvorschub erreichte geringfügig niedrigere Korrelationskoeffizienten.

### 5.6.4 Score 2 nach 12 Monaten

Die Scorewerte der einzelnen Gruppen verbesserten sich im Vergleich zur Untersuchung nach 12 Wochen.

Gruppe A erreichte einen Scorewert von 1,6 (+/-1,3), Gruppe B einen Scorewert von 2,4 (+/-2,6), Gruppe C einen Scorewert von 3 (+/-1,9) und Gruppe D erreichte einen Scorewert von 2,7 (+/-1,7).

*Hoch signifikante Verbesserung fiel in den Gruppen B und D auf ( $p=0,003$ ), signifikante Verbesserung erfuhr Gruppe A ( $p=0,025$ ).*

Die Steigerung der Gruppe C war nur tendenziös.

*Gruppe A unterschied sich hoch signifikant von Gruppe C ( $p=0,0099$ ), sowie signifikant von Gruppe D ( $p=0,016$ ).*

Eine ebenfalls deutliche Verbesserung erfuhren die zusammengefaßten Gruppen hinsichtlich Ihrer Scorewerte.

*Im Vergleich zur Untersuchung nach 12 Wochen war die Verbesserung hoch signifikant bei den Gruppen Operativ, Konservativ und Schiene ( $p<=0,01$ ), signifikant bei der Stabilschuhgruppe ( $p=0,016$ ).*

Die Operierten erreichten einen Score von 2,0 (+/-2,0), die konservativ Behandelten einen Score von 2,8 (+/-1,7), die mit dem Stabilschuh Nachbehandelten einen Score von 2,2 (+/-1,7), die mit der Schiene Nachbehandelten einen Score von 2,5 (+/-2,2).

*Hier trat ein signifikanter Unterschied zugunsten der operativen gegenüber der konservativen Gruppe ( $p=0,04$ ) auf.*

### 5.6.5 Sprungkrafttest 2

Im Counter–movement–jump der Gruppe A wurde eine Höhe von 19,3 cm am verletzten und 18,7 cm am unverletzten Sprunggelenk erreicht. Der Squat–jump zeigte Höhen von 17,6 bzw. 17,2 cm.

In Gruppe B wurde beim Counter–movement–jump eine Höhe von 19,6 bzw. 19,0 cm erreicht, beim Squat–jump eine Höhe von 17,7 bzw. 17,1 cm.

Gruppe C erreichte beim Counter–movement–jump 20,5 bzw. 19,9 cm Höhe, beim Squat–jump 18,2 bzw. 17,6.

Gruppe D zeigte 21 bzw. 20,2 cm beim Counter–movement–jump und 18,2 bzw. 18 cm beim Squat–jump (siehe Tab. 40).

Tabelle 40: Sprungkrafttest 2 A - 12 Monate

	CMJ v. (cm)	CMJ u. (cm)	SJ v. (cm)	SJ u. (cm)
Gruppe A	19,3*	18,7*	17,6	17,2
Gruppe B	19,6	19,0	17,7	17,1
Gruppe C	20,5	19,9	18,2	17,6
Gruppe D	21,0	20,2	18,2	18,0

*Statistisch signifikante Unterschiede zugunsten der verletzten Seite traten nur bei Gruppe A im Counter–movement–jump ( $p=0,032$ ) auf.*

Desweiteren zeigte die verletzte Seite bei allen durchgeführten Sprungtests bessere Werte, als die unverletzte Seite.

Statistisch signifikante Gruppenunterschiede konnten nicht festgestellt werden.

Die generelle Steigerung der Durchschnittsprunghöhe in keiner der Gruppen statistisch signifikant (siehe Tab. 41)

Tabelle 41: Differenz der Sprungkrafttests 1 – 6 und 12 Monate

	CMJ v. (cm)	CMJ u. (cm)	SJ v. (cm)	SJ u. (cm)
Gruppe A	0,1	0,1	0,4	0,9
Gruppe B	0,1	-0,3	1,0	0,5
Gruppe C	0,0	0,6	0,1	0,3
Gruppe D	1,0	0,3	0,8	0,7

Bei der Zusammenfassung der Gruppen erreichte die verletzte Seite ebenfalls wie im vorangehenden Gruppenvergleich immer bessere Werte, als die unverletzte Seite (siehe Tab.42).

Tabelle 42: Sprungkrafttest 2 B - 12 Monate

	CMJ v. (cm)	CMJ u. (cm)	SJ v. (cm)	SJ u. (cm)
Operativ	19,4**	18,9**	17,6*	17,1*
Konservativ	20,8*	20,2*	18,2	17,8
Stabilschuh	19,8**	19,2**	17,8	17,3
Schiene	20,3*	19,6*	17,9	17,5

*Der Unterschied zwischen verletzt und unverletzt war statistisch hoch signifikant bei der operativen Gruppe im Counter-movement-jump ( $p=0,008$ ) sowie signifikant im Squat-jump ( $p=0,015$ ), bei der konservativen Gruppe im Counter-movement-jump ( $p=0,029$ ), hoch signifikant bei der Stabilschuhgruppe ( $p=0,009$ ) und signifikant für die Schienengruppe ( $p=0,028$ ) jeweils für den Counter-movement-jump, immer zugunsten des verletzten Sprunggelenkes.*

Unterschiede zwischen den Gruppen konnten hier nicht festgestellt werden.

Trotz Steigerung der Durchschnittsprunghöhe in allen Gruppen war diese nicht statistisch signifikant (siehe Tab. 43).

Tabelle 43: Differenz der Sprungkrafttests 2 – 6 und 12 Monate

	CMJ v. (cm)	CMJ u. (cm)	SJ v. (cm)	SJ u. (cm)
Gruppe A	0,1	0,0	0,6	0,6
Gruppe B	0,6	0,4	0,5	0,6
Gruppe C	0,1	0,3	0,2	0,6
Gruppe D	0,6	0,1	0,4	0,6

### 5.6.6 Zusammenfassung der Befunde

- Die operativen Gruppen A und B zeigten in der Zusammenfassung der subjektiven Befunde wie Angst vor dem Umknicken, Einschränkungen der Sportfähigkeit und Stabilitätsgefühles und der

objektiven Befunde bessere Beurteilungen, als die konservativen Gruppen, hier vor allem Gruppe C.

- In der Beurteilung der Sportfähigkeit traten Vorteile der Schienenbehandlung auf.
- Außer bei Gruppe B war für alle Gruppen ein weiterer, signifikanter radiologischer Stabilitätsgewinn nach 12 Monaten zu verzeichnen.
- Es bestanden hohe Korrelationen zwischen den radiologisch gemessenen Werten für Talusvorschub und Taluskippung nach 12 Wochen und 12 Monaten.
- Die Gruppen A, Operativ und Stabilschuh erhielten die beste Scorepunktzahl.
- Die verletzte Seite zeigte auch nach 12 Monaten noch bessere Sprungkraftwerte, als die unverletzte Seite. Bei allen Gruppen konnte die Sprunghöhe im Vergleich zur Voruntersuchung nach sechs Monaten gesteigert werden.

## 6. Diskussion

### 6.1 Zur funktionellen Therapie

Die erste Fragestellung der vorliegenden Arbeit bestand darin, ob es Unterschiede im Ergebnis zwischen operativer und konservativer Therapie bei lateralen Kapselbandrupturen am oberen Sprunggelenk gibt.

Darüber hinaus wurde geprüft ob die Wahl der unterschiedlich konstruierten Orthesenformen einen Einfluß auf die Ergebnisse hat.

Eine dritte Fragestellung prüfte, ob kombinierte Behandlungskonzepte das Behandlungsergebnis insgesamt soweit beeinflussend können, daß diese allein hinsichtlich der Wiederherstellung der optimalen Sportfähigkeit ausschlaggebend sind.

Im Rahmen dieser Studie wurde ein neuartiges, standardisiertes frühfunktionelles Behandlungsschema nicht nur für die konservative Therapie eingesetzt. Diese Möglichkeit der Nachbehandlung wurde bereits mehrfach in der Literatur publiziert (38, 39)– erstmals unmittelbar nach einer Operation. Literaturvergleiche fehlen hier, weil, die Patienten postoperativ bisher fast ausschließlich immobilisiert wurden.

Mit der vierten Fragestellung sollte geprüft werden, wie sich das dynamische und frühfunktionelle Nachbehandlungsschema auf den Heilungsverlauf und das Heilungsergebnis bei Kapselbandverletzungen am oberen Sprunggelenk des Leistungssportlers auswirkt.

Mögliche Unterschiede sollten aufgrund von standardisierten Untersuchungen der Patienten herausgearbeitet werden.

Als wichtiges auch in der Literatur verwendetes Stabilitätskriterium wurde die radiologische Kontrolle zur Beurteilung des Heilungserfolges herangezogen. Talusvorschub und Taluskippung waren bisher von großer Wichtigkeit, wenn es um die vergleichende Beurteilung zwischen operativer und konservativer Therapieform bezüglich der erreichten mechanischen Stabilität geht (53).

Nach Kannus und Renstroem (53) wird der Talusvorschub in Neutralstellung durch die Stabilität des Ligamentum fibulotalare anterius primär determiniert. Die Taluskippung prüft primär die Stabilität des Ligamentum fibulocalcaneare in gleicher Position des Sprunggelenkes. In Plantarflektion erfolgt durch die Taluskippung eine Mitprüfung des Ligamentum fibulotalare anterius.

Nach Stadelmayer et al. (115) ist die Aussagekraft des Talusvorschubes eher gering einzuschätzen, da sich die verschiedenen Meßbereiche zu sehr überschneiden, nach diesen Untersuchungen sei er unter 10 mm nicht verwertbar. Deswegen präferierte dieser Autor in der primären Diagnostik die Taluskippung.

Auch Schmitz et al. (102) verwendeten in der primären radiologischen Diagnostik allein den Nachweis der Taluskippung neben den klinischen Parametern. In der gleichen Untersuchung wurde bei den Nachuntersuchungen aufgrund der meßmethodischen Ungenauigkeiten bei streßradiographischen Untersuchungen auf gehaltene Aufnahmen verzichtet und die Stabilität des oberen Sprunggelenkes klinisch anhand des manuellen Talusvorschubes und der seitlichen Taluskippung bestimmt.

Zu einer differenzierten Beurteilung der Instabilität beziehungsweise Stabilität bei standardisierten Meßmethoden kamen in der vorliegenden Studie sowohl die klinische, als auch die streßröntgenologische Stabilitätskontrolle zur Anwendung.

Daß die Kriterien für die mechanische Stabilität nicht alleine eine Aussage zum funktionellen Ausheilungsergebnis geben können, wurde von Kaikkonen et al. diskutiert (52). Sie wiesen darauf hin, daß eine Heilung durch klinische Stabilität, Gelenkbeweglichkeit, Schwellung und nicht mehr vorhandene Muskelatrophie gekennzeichnet ist. Um eine verbesserte Heilung zu erzielen, empfahlen

sie möglichst kurze Immobilisation, Bewegungsübungen mit krankengymnastisch kontrollierter, zunehmender Belastung abhängig vom jeweiligen Schmerzempfinden und unterstützende Tape- oder Orthesenbandagierung bis zum Erreichen der normalen Propriozeptivität.

Um die von Kaikkonen geforderten Kriterien zu erfüllen, wurden gehaltene Aufnahmen 12 Wochen und 12 Monate nach Behandlungsbeginn angefertigt. Diese Werte wurden, in Zusammenhang mit den klinischen Untersuchungen, den subjektiven und objektiven Parametern, der isokinetischen Diagnostik muskulärer Dysbalancen, den propriozeptiv - koordinativen Balancetests und den sportmotorischen Sprungkrafttests zur Bewertung des Behandlungsergebnisses herangezogen.

Zusätzlich wurde zu bestimmten Nachuntersuchungen ein Scorewert errechnet, in den die klinischen Untersuchungsparameter unterschiedlich gewichtet gekoppelt mit der radiologische Stabilitätskontrolle einging.

Bis zur Mitte des Jahrhunderts wurden die Kapselbandverletzungen am Sprunggelenk allenfalls mit elastischen oder unelastischen Verbänden behandelt (55).

Danach begann eine Periode der alleinigen Immobilisation im Unterschenkelgipsverband (53).

Es folgte ein Zeitraum, in dem die Behandlung der akuten lateralen Kapselbandruptur durchwegs chirurgisch durchgeführt wurde. Die Nachbehandlung erfolgte aber nach wie vor regelmäßig mit einer sechswöchigen Gipsruhigstellung (25, 102).

Auch damals schon durchgeführte Vergleiche zwischen der operativen und der konservativen Behandlungsform zeigten bessere Ergebnisse der operierten Patienten (94).

Brostroem veröffentlichte einige Jahre später Ergebnisse, die gute Langzeitresultate nach operativer Therapie am Außenband zeigten. Er empfahl die Operation, aber nicht als Routineeingriff aufgrund der potentiellen Infektionsgefahr, sondern nur in Fällen eines schweren Traumas oder beim Athleten wegen der möglichen Narbenbeschwerden bei vormals konservativ behandelten, veralteten Bandrupturen und der guten Rekonstruierbarkeit der Bandstrukturen (8).

Jakob begründete die Zurückhaltung gegenüber der operativen Therapie unter anderem mit dem sozialökonomischen Faktor der Mehrkosten und der um zwei bis vier Wochen längeren Arbeitsunfähigkeitsperiode bei operativ behandelten Patienten. Die Indikation zur Operation sah er nur bei Hallensportlern, anderen Spitzenathleten und bei klinisch und radiologisch nachgewiesenen Rupturen von zwei oder drei Bändern (50).

Die Gipsimmobilisation nach derartigen Verletzungen betrug mindestens 6-8 Wochen. Eine Kapselbandnaht am Sprunggelenk erforderte zudem einen stationären Aufenthalt von 10-14 Tagen. Die operative Therapie galt weiterhin über Jahre hinweg als Therapie der Wahl, ebenso wie die der Nachbehandlung im Gips.

Die funktionelle Nachbehandlung, wenn auch nach primärer Gipsbehandlung wurde erstmals von Freeman propagiert (29).

Sie brachten die entscheidende Verkürzung der Ausfallzeiten in Schule, Beruf und Sport.

Freeman prägte den Begriff der funktionellen Sprunggelenkinstabilität und vermutete, daß bei mechanisch stabilem Sprunggelenk reduzierte propriozeptive Fertigkeiten und Fähigkeiten eine mögliche Ursache dieser chronischen funktionellen Instabilität darstellen könnten, stellte gleichzeitig aber fest, daß eine sichere Bandstabilität nur durch Bandnaht mit anschließender Gipsruhigstellung erzielt werden kann.

In Deutschland wurde 1981 der Adipromed® Stabilschuh eingeführt, der die erste gipsfreie Nachbehandlung (114) nach Kapselbandnaht ermöglichte.

Im Anschluß an die etwa zeitgleiche Einführung der Aircast® Knöchelschiene (119) wurde der Wert der funktionell konservativen gegenüber der Gipsbehandlung bei operativ versorgten

Kapselbandverletzungen am Sprunggelenk vermehrt herausgearbeitet. Stover konnte durch Einsatz der Schiene beispielsweise nach 10 Tagen funktioneller Behandlung bei seinen Patienten wieder volle

Sportfähigkeit herstellen, Jakob (50) erreichte bei Einsatz der gleichen Schiene eine durchschnittliche Arbeitsunfähigkeit von 17 Tagen.

Der hohe volkswirtschaftliche Nutzen durch einerseits kurze Ausfallzeiten und andererseits ambulante Operation ist auch anderweitig mehrfach erwähnt worden (20, 38, 39, 111).

In der vorliegenden Studie gelang es, diese Ausfallzeit auf unter 10 Tage zu verkürzen, eine Zeit, die erheblich kürzer ist, als bisher in der Literatur beschrieben (Tab. 44). Im statistischen Vergleich unterschieden sich die operierten Gruppen A und B mit längeren Ausfallzeiten von der Gruppe D.

Tabelle 44: Arbeitsunfähigkeitszeiten

<b>Autor</b>	<b>Jahr</b>	<b>n</b>	<b>AU</b>
Riemenschneider	1983	44	25,6
Spring	1985	185	25
Paessler	1986	202	23,8
Zwipp	1988	185	15
Klein	1989	56	45
Lohrer	1989	198	24,5
Sommer	1993	103	24,8
Eiff	1994	74	11,6
Grasmück	1994	87	8,3
Müller-Felsch	1997	53	8,9
Grasmück	1999	93	8,2

Mit Verkürzung der Ausfallzeiten in Schule, Universität und am Arbeitsplatz setzt sich der Trend weiter fort, der mit dem Beginn der frühfunktionellen Behandlungsära begonnen wurde.

Doch nicht nur verkürzte Fehlzeiten, auch die kostengünstigere und trotzdem sichere Alternative zur Operation einerseits und zur Gipsruhigstellung andererseits, ließen das frühfunktionelle Behandlungskonzept weiteren Aufschwung erfahren (20, 38, 39, 111).

## 6.2 Diskussion der Ergebnisse

### Radiologische Stabilität

Zunächst war Zwipp als Verfechter einer operativen Therapiestrategie bekannt (131). Aufgrund von nicht prospektiven Langzeitergebnissen vermutete er die eindeutige Überlegenheit der primär operativen Behandlung, stellte aber damals schon zur Diskussion, daß eine Synthese aus operativer Therapie und frühfunktioneller Nachbehandlung das Konzept der Wahl werden könnte.

1988 veröffentlichten Zwipp et al. (132) Frühergebnisse einer prospektiv, randomisierten Studie zur operativen versus konservativen Therapie der frischen fibularen Bandruptur am oberen Sprunggelenk. Neben der primären operativen oder konservativen Versorgung verwendete Zwipp eine selbstkonstruierte Knöchelschiene (MHH Knöchelschiene®) und einen immobilisierenden Gipsverband in der Nachbehandlungsphase, wobei sich in den Nachuntersuchungen keine der Methoden von den anderen hinsichtlich der subjektiven und objektiven Parameter unterschied. Bei der radiologischen Stabilitätskontrolle nach drei Monaten erreichten 74-89% der Patienten stabile Ergebnisse, nach einem Jahr waren es nur noch 63-74% und nach zwei Jahren war der Anteil mit 61-72% erneut geringer (siehe Tab. 45).

Tabelle 45: Gruppeneinteilung von Zwipp und Anteil stabiler Sprunggelenke

Gruppe	Anteil Stabiler (%) ( $\geq 5^\circ/\text{mm}$ )		
	Nach 12 Wochen	N. 12 Monaten	N. 24 Monaten
Gruppe A (Op+Gips)	89	69 (-20)	68 (-1)
<b>Gruppe B (Op+MHH)</b>	<b>89</b>	<b>65 (-24)</b>	<b>64 (-1)</b>
Gruppe C (K+Gips)	78	74 (-04)	72 (-2)
<b>Gruppe D (K+MHH)</b>	<b>74</b>	<b>63 (-09)</b>	<b>61 (-2)</b>

Für die vier Gruppen der vorliegenden Studie läßt sich im Gegensatz dazu in den meisten Fällen sowohl prozentual (siehe Tab. 46), als auch numerisch zwischen der 12. Woche und einem Jahr ein statistisch hoch signifikanter radiologischer Stabilitätsgewinn sowohl für den Talusvorschub (0,6-1,3mm) als auch für die Taluskippung (0,9-1,4°) errechnen, für die zusammengefaßten Gruppen ist dieser Stabilitätsgewinn in allen Fällen hoch signifikant (Talusvorschub 0,7-1,1mm, Taluskippung 1,1-1,3°).

Tabelle 46: Stabilitätseinteilung der eigenen Gruppen modifiziert nach Zwipp

Gruppe	Anteil Stabiler (%) ( $\geq 5^\circ/\text{mm}$ )	
	Nach 12 Wochen	Nach 12 Monaten
Gruppe A	58	78 (+20)
Gruppe B	62	74 (+12)
Gruppe C	43	60 (+17)
Gruppe D	53	69 (+16)
Operativ	60	76 (+16)
Konservativ	48	65 (+17)
Stabilschuh	51	70 (+21)
Schiene	58	72 (+14)

Im direkten Vergleich lassen sich die Gruppen A (Operation) und C (konservative Therapie) von Zwipp aufgrund ihrer Gipsnachbehandlung nicht mit einbeziehen. Ein bedingter Vergleich der Gruppe A und/oder Gruppe B der vorliegenden Studie mit der Gruppe B (Operation und Knöchelschiene) von Zwipp, ebenso wie einen Vergleich der Gruppe C und/oder Gruppe D der vorliegenden Studie mit der Gruppe D (konservative Therapie und Knöchelschiene) von Zwipp ist dennoch möglich. Zwipp immobilisierte seine operierten Patienten der Gruppe B kurzzeitig bis zum Abschluß der Wundheilung (8. bis 10. Tag) und begann erst dann mit funktioneller Therapie in der Knöchelschiene. In der vorliegenden Studie wurde dagegen auf die Immobilisation frühestmöglich verzichtet. In der ersten Stabilitätsmessung nach drei Monaten ist der prozentuale Anteil an stabilen Sprunggelenken deutlich geringer als bei Zwipp. Nach einem Jahr lassen sich die Werte der konservativ Behandelten durchwegs vergleichen, die Werte der Operierten sind in der vorliegenden Studie besser als die von Zwipp (siehe Tab. 46).

Klein et al. (59) behandelten eine Gruppe Sprunggelenkverletzter konservativ mit der Aircast® Schiene nach. Die Patienten erhielten nach zehn Tagen Entlastung eine Schiene für insgesamt sechs Wochen. Die Nachuntersuchung fand nach 15 Monaten statt. Diese modifiziert frühfunktionell behandelte Gruppe konnte hinsichtlich des radiologischen Stabilitätsbefundes und des Stabilitätsgewinnes mit der Gruppe D und Gruppe Konservativ der vorliegenden Studie verglichen werden, ebenso wie die frühfunktionell konservativ behandelten Gruppen von Sommer (111). Hierbei handelte es sich um ein Normalkollektiv von 35 Patienten und ein Leistungssportlerkollektiv von 10 Patienten, welche in einem Zeitraum von drei bis acht Monaten unter anderem auch radiologisch nachuntersucht wurden. Ebenso vergleichen ließen sich die frühfunktionell konservativ behandelten

Gruppen des gleichen Autors einige Jahre später (**112**), die nach sechs Monaten radiologisch nachkontrolliert wurden (siehe Tab. 47). Die eine Gruppe wurde mit einer Aircast ® Schiene über 6 Wochen nachbehandelt, die andere Gruppe erhielt zwei Wochen einen Zinkleimverband, anschließend für weitere vier Wochen einen Tapeverband,

Tabelle 47: Radiologischer Vergleich der Studien

Autor/Jahr	n	Trauma		6 - 15 Monate		Stabilitätsgewinn	
		TV(mm)	TK(°)	TV(mm)	TK(°)	+TV(mm)	+TK(°)
Klein 1991	22	9,2	9,4	6,3	3,8	2,9	5,6
Sommer 87 Normalkollektiv	35	8,0	17,0	6,0	5,0	2,0	12,0
Sommer 87 Leistungssportler	10	8,0	17,0	6,0	5,0	2,0	12,0
Sommer 93 Aircast ®	40	?	12,3	?	2,6	?	9,7
Sommer 93 Zinkleimverband	40	?	14,1	?	3,6	?	10,5
Grasmück 98 Gruppe D	23	10,2	14,1	5,4	2,6	4,8	11,5
Grasmück 98 Konservativ	43	10,4	13,7	5,7	2,5	4,7	11,2

Der Vergleich zeigt, daß die eigene Gruppe D, als auch die Gruppe Konservativ im Vergleich bezüglich des Stabilitätsgewinnes und der erreichten Endstabilität gute bis sehr gute Ergebnisse aufweisen.

Die Gruppen A und B sowie die Gruppe Operativ lassen sich nicht mit weiteren Studien vergleichen. Es existieren keine vergleichbaren Untersuchungen mit ähnlichem Nachbehandlungsschema nach Operation einer Außenbandruptur.

Bei Sommer (**111**) war der extrem hohe Stabilitätsgewinn der frühfunktionell konservativ behandelten Patienten gegenüber der operativ behandelten Gruppe ein Grund für die grundsätzliche Entscheidung zur frühfunktionellen Therapie beim Leistungssportler. Interessanter wäre ein Vergleich mit einer frühfunktionell nachbehandelten, operativen Gruppe gewesen.

Selbst neueste Studien (**85**), die die konservative mit der operativen Therapie verglichen, verzichteten auf die funktionelle Nachbehandlung bei den operierten Patienten und verwendeten zum Vergleich mit der frühfunktionell konservativen Therapie die Gipsimmobilisation. Auch Povacz begründete wie Sommer (**111**) die Empfehlung zur konservativen Therapie auch beim Athleten mit dem besseren Abschneiden seiner frühfunktionell Behandelten gegenüber den operierten, gipsimmobilisierten Patienten. Auch hier wurde ein Vergleich zu einer operativ frühfunktionell behandelten Gruppe nicht durchgeführt.

Im Gesamtbild der vorliegenden Studie schneidet die Gruppe A (Operation + Stabilschuh) im Vergleich zu den anderen Gruppen bezüglich der mechanischen Stabilität besser ab, ohne jedoch statistische Signifikanzen aufweisen zu können. Diese Ergebnisse beziehen sich auf den Talusvorschub, die Taluskippung und den Stabilitätsgewinn beim Talusvorschub. In der Bewertung des Stabilitätsgewinnes bei der Taluskippung schneidet die Gruppe B besser ab, als alle anderen Gruppen, wieder ohne statistisch signifikant zu sein.

Die Gruppe Operativ weist die besten Werte für den Talusvorschub und dessen Stabilitätsgewinn auf. Die Taluskippung zeigt sich in der Gruppe Stabilschuh am besten. Der Stabilitätsgewinn für die Taluskippung ist in der Gruppe Schiene am höchsten. Relevante Unterschiede zwischen den beiden verwendeten Stabilisierungshilfen sind nicht vorhanden.

Zwischen den radiologischen Nachuntersuchungsergebnissen bestanden gute Korrelationen. Aussagen über die zu erwartende Endstabilität sind somit bedingt möglich.

Keine Aussagen bezüglich der zu erwartenden Endstabilität können aufgrund der radiologischen Instabilitätswerte nach dem Unfall gemacht werden, das heißt die Größe des Stabilitätsgewinnes kann nicht vorhergesehen werden, da keine Korrelation zwischen den Werten der Voruntersuchung und den Nachuntersuchungen besteht.

Talusvorschub und Taluskippung sind also nach 12 Wochen, trotz begonnener sportlicher Belastung, noch nicht unveränderlich stabil.

Der errechnete Stabilitätsgewinn bei der radiologischen Untersuchung zeigt für alle Gruppen vergleichbare Werte. Auffällig ist, daß die operativ Behandelten im ersten Untersuchungszeitraum (bis zur 12. Woche) tendenziös einen höheren Gewinn sowohl für den Talusvorschub als auch für die Taluskippung erzielen konnten, die konservativ Behandelten diesen höheren Gewinn im zweiten Untersuchungszeitraum (12. Woche bis 12. Monat) aufwiesen.

Da sich insgesamt ein weiterer tendenziöser Stabilitätsgewinn für beide Gruppen nachweisen läßt, ist anzunehmen, daß die Reparationsvorgänge am Kapselbandapparat zur Heilung und Festigung der Kapselbandstrukturen bei den Operierten stärker zu einem früheren Zeitpunkt angesiedelt sein müssen, wahrscheinlich als Folge der direkten Adaptation durch die Kapselbandnaht, der Verlauf der Festigung sich aber bei den Konservativen weiter zeitlich nach hinten verschiebt.

Es dürfte deshalb gerade bei den nicht operierten Leistungssportlern wichtig sein, den früh gemessenen Wert für Talusvorschub und Taluskippung nicht als absolutes Kriterium für eine erfolgreiche Therapie anzusehen.

### **Klinische Untersuchungsparameter**

Die Auswertung der klinischen Parameter zeigten bei Schmitz (102), daß der Grad der Schwellung, der Druck- und Aufklappsmerz, der klinisch manuell geprüfte Talusvorschub, sowie die gehaltenen Aufnahmen in Taluskippung keinen direkten Rückschluß auf das tatsächliche Verletzungsausmaß zuließen.

Insofern könne der Grad der Aufklappbarkeit und die Größe des Talusvorschubes in der täglichen Routine grundsätzlich nicht alleine zur Beurteilung der tatsächlichen Verletzung und damit der einzuschlagenden Therapierichtung herangezogen werden. Genaue Aussagen über das Verletzungsausmaß seien nur intraoperativ zu machen.

Viel mehr Wert auf die klinische Untersuchung legten beispielsweise Eiff et al. (20) mit der Beurteilung von Schwellung, Druckschmerzhaftigkeit, Belastungsfähigkeit, klinischer Instabilität und Bewegungsausmaß.

Selbst Kannus und Renstroem (53) legten bei der Nachbetrachtung und Zusammenfassung einiger prospektiv, randomisierter Studien ähnlichen Aufbaus neben der objektivierbaren, mechanischen Stabilität Bedeutung auf weitere klinische Symptome wie Druckschmerz, Schwellung, Funktionseinschränkung und klinische Instabilität. Diese wichtigen Untersuchungen zur Beurteilung des Schweregrades einer Verletzung vor Durchführung der entsprechenden Therapie zeigten ihren Wert ebenso während den Nachuntersuchungen. Hier spielten für Kannus folgende Parameter eine wichtige Rolle: Funktionelle Instabilität, Angst vor dem Umknicken, Schmerz, Schwellung, Gelenkbeweglichkeit, Muskelatrophie, Sportfähigkeit und Reverletzung.

Die Voruntersuchungen aller eigenen Gruppen zeigten statistisch nicht differente Verteilung der Beurteilungen für die Instabilität.

Die Untersuchung nach sechs Wochen zeigte signifikant bessere Ergebnisse der Gruppe B im Vergleich zur Gruppe C bezüglich der Taluskippung.

Die konservativ behandelten Gruppen wiesen dabei mehr leicht instabile Befunde auf.

Ähnliche Ergebnisse fanden sich nach 12 Wochen, wobei der zuerst sehr hohe Anteil von stabilen Befunden innerhalb der Gruppen beim Talusvorschub leicht rückläufig war. Gruppe A zeigte bei der Taluskippung hoch signifikante Unterschiede zu Gruppe B und signifikante Unterschiede zu Gruppe D, ebenfalls waren die Stabilschuhbehandelten in der Taluskippung signifikant besser als die mit der Schiene Therapierten.

Nach sechs Monaten fiel in den Gruppen A und D jeweils eine Instabilität im Talusvorschub auf, die restlichen Befunde stellten sich ähnlich wie in den vorherigen Untersuchungen verteilt dar. Signifikante Unterschiede traten nicht auf.

Die abschließende klinische Stabilitätskontrolle zeigt keine Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Behandlungsgruppen, die absolute Zahl der stabilen Sprunggelenke zeigt ansteigende Tendenz.

Insgesamt zeigen sich tendenziös bessere, aber statistisch nur in den Zwischenuntersuchungen nachweisbare Ergebnisse der operativ Therapierten, vor allem bei der Überprüfung des Talusvorschubes. Offenbar werden die vorderen Kapselbandanteile bei primärer Naht besser adaptiert, als dies bei der konservativen Behandlung möglich ist. Dieser auffällige klinische Befund steht im Einklang mit der radiologischen Stabilitätsprüfung, wo in der Zwischenuntersuchung auch bessere Ergebnisse der operativ Therapierten auftraten.

Sähe man die klinische Stabilitätskontrolle als alleinigen Parameter zur Beurteilung der besseren Methode, würde man in diesem Fall für den kurzfristigen Zeitraum von der konservativen Therapie abraten. Im längerfristigen Vergleich unterscheiden sich die Methoden offenbar nicht hinsichtlich der manuell und radiologisch prüfaren, klinischen Instabilität.

Die Relevanz der Sprunggelenkbeweglichkeit im Sport wurde bereits mehrfach hervorgehoben (92). Evans et al. (25) beschrieben zu 80% normal bewegliche Sprunggelenke bei der konservativen Behandlungsform, aber nur 48% frei und normal bewegliche Sprunggelenke bei den operierten Patienten. Beide Behandlungsgruppen wurden allerdings immobilisiert.

Andere Studien (111, 125) zeigten ebenfalls bessere Beweglichkeitsbefunde der funktionell konservativ Behandelten gegenüber den operierten und anschließend immobilisierten Patienten. Grundsätzlich kann nach einer Immobilisation, vor allem nach einer längerfristigen, von resultierenden Bewegungseinschränkungen ausgegangen werden, welche die Immobilisationszeit um ein vielfaches überschreiten (17).

Deutliche Vorteile bezüglich der schnellen Wiedererlangung der vollständigen Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes zeigten in dieser Untersuchung die konservativ therapierten Gruppen. Auch Zwipp et al. (132) fanden signifikant bessere Ergebnisse der konservativ - funktionell Therapierten. In allen vier Nachuntersuchungen wurden mehr frei bewegliche Gelenke und weniger Bewegungseinschränkungen gefunden.

Einen statistisch signifikanten Unterschied wies Gruppe B gegenüber Gruppe C nach der 12. Woche und nach dem 6. Monat auf. Die Patienten der Gruppe B zeigten einen besseren Bewegungsbefund in Dorsalexension. Nach einem Jahr wurden keine signifikanten Unterschiede mehr beobachtet. Bis zur Abschlußuntersuchung blieb ein Patient der Gruppe B mit über 10° in Supinationsrichtung relevant bewegungseingeschränkt.

Fehlende oder eingeschränkte Beweglichkeit ist für einen leicht verzögerten sportlichen Aufbau, Unsicherheit, Einschränkung der sportlichen Tätigkeit und für persistierende Klagen des Patienten verantwortlich (53).

Der Vorteil zugunsten der konservativ therapierten Gruppen darf keinesfalls mit einer pathologisch erhöhten Beweglichkeit oder Instabilität verwechselt werden. Die bessere Beweglichkeit der konservativen Gruppen bei den Zwischenuntersuchungen ist möglicherweise Folge des operativen Eingriffes bei den operativen Vergleichsgruppen. Zusätzliche Durchtrennung der Haut, der bindegewebigen Strukturen und des Kapselbandapparates sowie nachfolgende Band-, Kapsel- und Bindegewebsadaptation kann die anatomisch genaue und exakte Wiederherstellung der ursprünglichen

Verhältnisse garantieren. Das operative Trauma aktiviert aber zusätzlich zum bereits bestehenden Trauma vermehrt Regenerations- und Reparatursprozessen, so daß eine Schrumpfung der vernarbenden Anteile ermöglicht wird. Dieser Vorgang unterbleibt bei den konservativen Therapieformen. Allein die frühfunktionelle Behandlung sorgt für die Ausrichtung und Dehnung der beteiligten Strukturen und für den Wiedergewinn der Beweglichkeit in allen Behandlungsgruppen (**16, 17, 67, 129**). Selbst nach einem mittelfristigen Zeitraum von 6-12 Monaten war diese Anpassung an funktionelle Belastung noch zu sehen.

Der Rückgang des Schwellungszustandes am oberen Sprunggelenk trat am deutlichsten während der ersten sechs Wochen auf. Bis zur Abschlußuntersuchung nach 12 Monaten wurde ein weiterer, stetiger Rückgang der Schwellung für alle Gruppen verzeichnet, wenn auch bei insgesamt 11 Patienten (2 aus der Gruppe A, 4 aus der Gruppe B, 2 aus der Gruppe C und 3 aus der Gruppe D) noch eine dezente Schwellung vorlag. Da bei den operierten Patienten neben der Rekonstruktion des Kapselbandapparates auch noch Blut- und Lymphgefäße, die für den Abtransport der vermehrt anfallenden Gewebsflüssigkeit verantwortlich sind, verletzt werden, kam es wohl aus diesem Grunde zum primär verzögerten Abtransport der Flüssigkeit und damit zu einem längeren Bestehen der Schwellung.

In gleichem Maße trat bei allen Gruppen eine narbige Verdickung des Kapselbandapparates auf. Diese war zu ertasten und kann nicht im Zusammenhang mit der auftretenden Schwellung gesehen werden. Nach Kannus et al. (**53**) korreliert die Schwellung eng mit der funktionellen Instabilität. Diese Beobachtung kann hier nicht bestätigt werden. Der Begriff der funktionellen Instabilität wurde 1965 von Freeman et al. (**29**) geprägt und bezeichnet die Unsicherheit, die ein Patient in Bezug auf seine subjektive Stabilisierungsfähigkeit und Umknicksicherheit angibt. Die Autoren konnten ebenfalls keinen Zusammenhang zum Schwellungszustand nachweisen.

Kontroverse Ergebnisse zeigten Prins et al. (**86**) auf. Sie fanden nur bei 2 % der operativ behandelten, jedoch bei 29 % seiner konservativ therapierten Patienten Schwellungszustände. Kannus et al. (**53**) konnten in ihrer Literaturstudie keine Unterschiede der Ergebnisse bezüglich des Parameters Schwellung finden.

### **Subjektive Parameter**

Frühe und konsekutive Nachuntersuchungen werden nur von Eiff et al. (**20**) berichtet. Sie teilten die Patienten in eine sofort mobilisierte und eine primär immobilisierte, konservative Behandlungsform ein. Als Erste begannen sie mit der dokumentierten und publizierten Nachuntersuchung schon in der dritten Woche und stellten fest, daß noch deutlich vermehrter Druckschmerz bei den primär Immobilisierten bestand. Bezüglich weiterer Untersuchungsparameter fanden sie nach drei Wochen noch keine Unterschiede. Nach sechs Wochen zeigten 6% aller Patienten ein Instabilitätsgefühl und 2% Rezidivverletzungen ohne Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen. Rezidive traten im gesamten weiteren Nachuntersuchungszeitraum nicht mehr auf. Ein Instabilitätsgefühl zeigte sich bei 4% nach 12 Wochen, bei 3% nach sechs Monaten und bei 1% nach einem Jahr (siehe Tab. 48). Nach sechs Wochen sind in der vorliegenden Studie Unterschiede bezüglich der Umknickhäufigkeit und des Unsicherheitsgefühls zu finden. Alle geschilderten Umknickereignisse fanden jedoch unter Orthesenschutz statt. Eine klinische Symptomatik blieb aus, so daß nicht von einer Rezidivverletzung gesprochen werden konnte. Gruppe A berichtete über deutlich mehr solcher Vorkommnisse, als Gruppe B. Die Gruppe Stabilschuh zeigte weniger Unsicherheitsgefühl, als die Gruppe Schienen. Alle weiteren Untersuchungsparameter zeigten tendenziös bessere Ergebnisse der operierten Gruppen, besonders in der Beurteilung der Stabilität, in der Verlaufsbeurteilung und im Zufriedenheitsgrad. Nach 12 Wochen gab es bezüglich der Parameter Umknickhäufigkeit, Unsicherheitsgefühl, Umknickangst, Einschränkung der Sportfähigkeit, Schmerzbeurteilung und Verlaufsbeurteilung keine Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen. Da es einerseits nicht um den kurzfristigen Behandlungserfolg geht, andererseits aber der Leistungssportler möglichst früh wieder sport- und

leistungsfähig sein soll, sind die subjektiven Untersuchungsparameter gerade in der frühen sportlichen Aufbauphase von entscheidender Bedeutung. Hier kann noch durch gezieltes Training und Schulung motorischer und propriozeptiver Eigenschaften auf neuromuskulärer Ebene, aber auch auf anatomischem Wege durch weitere Zunahme der mechanischen Stabilität im Kapsel – Band - Narben Bereich eine Verbesserung im Gesamtergebnis erzielt werden. Kleinere Einschränkungen in der sportlichen Tätigkeit ohne Reduktion des Trainings- oder Wettkampflevels fanden sich in geringer Anzahl in allen Gruppen, nur ein Patient berichtete über eine größere Einschränkung. Jeweils ein Patient berichtete über noch bestehenden Belastungsschmerz und über Unsicherheitsgefühl. Deutliche Unterschiede traten beim Instabilitätsgefühl auf. Hier war die Gruppe C signifikant schlechter als die Gruppe A und es zeigte sich ein signifikant vermehrtes Instabilitätsgefühl bei den konservativ Therapierten. Ein Literaturvergleich fehlt hier bisher.

Sommer et al. (112) fanden in den beiden konservativ frühfunktionell behandelten Gruppen eine Rezidivhäufigkeit von 4% und ein subjektives Instabilitätsgefühl bei 3%, gleich wie bei der operierten Patientengruppe. Rezidive traten in der vorliegenden Studie auch nach einem halben Jahr nicht auf, ebensowenig wie Unsicherheitsgefühl. Signifikant mehr Angst vor dem Umknicken zeigten die konservativ behandelten Patienten, leichte Einschränkung der sportlichen Tätigkeit zeigte sich bei drei Patienten der Gruppe C im Tragen einer äußeren Stabilisierungshilfe bei Training und Wettkampf. Die subjektive Instabilität wurde von den operierten Patienten eindeutig besser beurteilt und es bestand eine tendenziös bessere Beurteilung des Gesamtverlaufes bei den Operierten. Da bisher noch keine Studie vergleichbaren Aufbaus publiziert wurde, können nur Teilaspekte anderer Veröffentlichungen zum Vergleich herangezogen werden. So hatten Klein et al. (59) nach 15 Monaten eine konservative, gipsimmobilisierte Gruppe mit einer konservativ - frühfunktionell und mit Schiene nachbehandelte Gruppe verglichen. Bezüglich der subjektiven Parameter fanden sie zwar eine geringere Umknickneigung bei den Gipsimmobilisierten, aber besseres Stabilitätsgefühl, weniger Unsicherheit, bessere Sportfähigkeit und weniger Restschmerz bei den frühfunktionell Nachbehandelten (siehe Tab. 48). Stadelmayer et al. (115) immobilisierten sechs Wochen lang operierte und konservative Patienten und stellten nach einem Jahr fest, daß sich die Nachuntersuchungsergebnisse nicht voneinander unterscheiden (siehe Tab. 48). Korkala et al. (63) wiesen bei einem Vergleich zwischen konservativer Tape-, konservativer Gips- und Operation mit Gipsnachbehandlung nach zwei Jahren nur Unterschiede bezüglich der Umknickangst zugunsten der operativ behandelten Patienten nach (siehe Tab. 48).

In der vorläufigen Abschlußuntersuchung berichteten insgesamt zehn Patienten über leichte Umknickereignisse, jeweils mit ausbleibender klinischer Symptomatik. Bei drei Patienten der operativen Gruppe wurden analog dazu sowohl klinische, als auch radiologische Instabilitäten festgestellt, obwohl das subjektive Instabilitätsgefühl jeweils als sehr gut/gut eingestuft wurde. Diese Diskrepanz zwischen subjektivem Instabilitätsgefühl und sowohl klinischer, als auch radiologischer Instabilität wurde schon mehrfach bestätigt (52, 53, 63, 85, 88). Povacz et al. (85) stellten wie Kannus et al. (53) zur Diskussion, daß chronische, funktionelle Instabilität nur mit Einschränkung alleine durch klinische und radiologische Untersuchungen zu bestätigen ist. Auch andere Autoren forderten die Miteinbeziehung weiterer subjektiver Untersuchungsparameter, allen voran das subjektive Instabilitätsgefühl (5, 29, 30, 40, 53, 63). Über Unsicherheitsgefühl wurde von keinem Patienten mehr berichtet, Angst vor dem Umknicken trat nur bei drei konservativ behandelten Patienten auf, die Operierten waren hier deutlich im Vorteil. Auch hier konnten keine klinischen oder radiologischen Instabilitäten festgestellt werden.

Die für Leistungssportler wichtige Sportfähigkeit wurde von insgesamt drei Patienten als leicht eingeschränkt beurteilt. Gruppe C grenzte sich deutlich als schlechteste Behandlungsgruppe ab. Operierte waren den Konservativen überlegen, die mit der Schiene den Stabilschuhbehandelten. Diese Einschränkung wurde in der Notwendigkeit der Benutzung äußerer Stabilisationshilfen im Training und im Wettkampf gesehen. Kein Patient reduzierte aufgrund der Verletzung seinen sportlichen Aktivitätslevel! Dieses Ergebnis läßt sich in anderen Studien nicht wiederfinden (53, 58, 63, 85, 111, 115, 132).

Bei der Angabe der subjektiven Schmerzempfindung konnte nur ein Patient der konservativen Gruppe C herausgefiltert werden, welcher über eine Schmerzempfindung bei bestimmten Belastungssituationen klagte.

Die Ergebnisse der Verlaufsbeurteilung zeigten in 97% sehr gute/gute Ergebnisse, Povacz et al. (85) berichtete über 81%, Zwipp et al. (132) über 96%. Die Beurteilung war bei den Operierten tendenziös besser.

Das auch von anderen Autoren als wichtigstes angesehene subjektive Kriterium der Instabilität (5, 20, 29, 30, 40, 53, 63, 85) wurde in der vorliegenden Studie deutlich unterschiedlich beurteilt. Gruppe A zeigte deutlich bessere Ergebnisse, als die Gruppen C und D, die Gruppe Operativ war insgesamt besser, als die Gruppe Konservativ. Nur in Gruppe D fand sich ein Patient, der sein Stabilitätsgefühl nicht als sehr gut/gut bezeichnete, derselbe Patient berichtete auch über Umknickangst und war unzufrieden in der Verlaufsbeurteilung.

Tabelle 48: Subjektive Untersuchungsparameter

	n	Angaben in %				
		Umknickangst / -neigung	Instabilitätsgefühl	Unsicherheit	Sportfähigkeit	Schmerz
Klein	22	30	3	22	74	23
Stadelmayer	60	12	k. A.	k. A.	93	13
Korkala	117	32	k. A.	k. A.	84	14
Eiff	77	k. A.	1	k. A.	k. A.	k. A.
Grasmück	93	3	1	0	97	1
• Gesamt						
• Operativ	50	0	0	0	99	0
• Konservativ	43	7	2	0	95	2
Povacz (op.)	73	32	10	5	90	32
(kons.)	73	25	15	10	86	24

Die Auswertung der subjektiven Parameter zeigt, daß in keiner bisher publizierten Studie vergleichbar gute Ergebnisse erzielt werden konnten. Kannus et al. (53) stellten in der Übersichtsarbeit 75-93% asymptotische Patienten heraus. Die widersprüchlichsten Ergebnisse fanden sich bei Prins et al. (86), die zu 22% funktionelle Instabilität bei operierten und zu 92% Angst vor dem Umknicken bei konservativ Behandelten feststellten. Kannus et al. (53) schlossen in der Diskussion, daß keine der bis dahin in der Literatur beschriebenen Behandlungsmethoden das Auftreten der funktionellen Instabilität verhindern kann. Offenbar bewirkt aber ein unmittelbar nach einer Verletzung oder einer Operation angewendetes, frühfunktionelles Behandlungskonzept, wie es in der vorliegenden Studie präsentiert wird, daß das Auftreten chronischer und funktioneller Instabilitäten verhindert werden kann. Die operative Therapie scheint hier sowohl in den kurzfristigen, als auch in den mittel- bis langfristigen Zeiträumen Vorteile zu besitzen.

Die Scorebewertung in den Nachuntersuchungen zeigte deutliche Vorteile zugunsten der operativen Gruppen, hier vor allem der Gruppe A. Zum Vergleich wurde der von Povacz et al. (85) entworfene Score für die Nachuntersuchungsergebnisse auf die eigenen Patienten angewendet. Dieser Score bezieht sich alleine auf die klinischen Untersuchungsergebnisse und die subjektiven Parameter ohne Hilfsuntersuchungen hinzuzuziehen, wobei das Hauptgewicht bei der objektiven und der subjektiven Stabilität liegt, Bewegungseinschränkungen und Sportfähigkeit folgen in der Wichtungsreihenfolge. Bei Povacz et al. (85) erreichten in der operativen Gruppe 46% sehr gute, 36% gute und 18% schlechte Ergebnisse, in der konservativen Gruppe 50% sehr gute, 31% gute und 19% schlechte Ergebnisse. Insgesamt sind 30 Scorepunkte zu erreichen, Ergebnisse von 30 – 25 entsprechen einem sehr guten, von 24 – 20 einem guten und unter 20 einem schlechten Ergebnis.

In der vorliegenden Untersuchung kommt die eigene Gruppe A auf 92% sehr gute, Gruppe B auf 88% sehr gute, Gruppe C auf 85% sehr gute und Gruppe D auf 83% sehr gute Ergebnisse (siehe Tab. 53). Die Durchschnittswerte der Gruppen liegen bei 29 Punkten in der Gruppe A, 28 Punkten der Gruppe B, 26,9 Punkten der Gruppe C und 27,4 Punkten der Gruppe D.

Die Gruppe Operativ erreicht mehr sehr gute Ergebnisse, als die Gruppe Konservativ, Unterschiede zwischen den benutzten, äußeren Stabilisierungshilfen zeigen sich hierbei nicht (siehe Tab. 49).

Tabelle 49: Scorewertung nach Povacz (85)

%	Sehr gut	Gut	Schlecht
Gruppe A	92	8	0
Gruppe B	88	12	0
Gruppe C	85	10	5
Gruppe D	83	17	0
Operativ	90	10	0
Konservativ	84	14	2
Stabilschuh	89	9	2
Schiene	85	15	0

Während Zwipp et al. (132) und Klein et al. (59) nach ihren Scores keine Unterschiede zwischen ihren Behandlungsgruppen aufweisen konnten, treten die Unterschiede hier hervor. Zwipp et al. (132) berichteten über insgesamt 96% sehr gute und gute Ergebnisse, auch hier können mit der vorliegenden Arbeit bessere Ergebnisse präsentiert werden. Insgesamt liegen hier 99% gute und sehr gute Ergebnisse vor.

Auch ohne Einbeziehung der radiologischen Stabilität spricht die Auswertung der objektiven und subjektiven Parameter eher für die operative Therapie

### Operativer Befund und Komplikationen

Intraoperativ offenbarte sich bei Schmitz et al. (102) zu 17% eine isolierte Ruptur des Ligamentum fibulotalare anterius, zu 2% eine isolierte Ruptur des Ligamentum fibulocalcaneare, zu 75% fand sich eine Läsion beider Bänder, zu 7% eine Läsion aller drei Außenbänder. Eine Korrelation zwischen klinischer und radiologischer Instabilität mit dem tatsächlichen Verletzungsausmaß konnte nicht festgestellt werden.

In einer retrospektiven Untersuchung fanden Pförringer et al. (83) bei 421 Patienten zu 22% eine isolierte Ruptur des Ligamentum fibulotalare anterius, zu 6% eine Dreibandruptur, zu 71% eine Verletzung des Ligamentum fibulotalare anterius und des Ligamentum fibulocalcaneare und zu jeweils 1% eine isolierte Ruptur des Ligamentum fibulocalcaneare und des Ligamentum fibulotalare posterius. Steinbrück (117) sah bei insgesamt 721 Sprunggelenkdorsionen im Sport 82% isolierte Rupturen des Ligamentum fibulotalare anterius, 14% kombinierte Verletzungen mit dem Ligamentum fibulocalcaneare und 4% klassische Dreibandverletzungen.

Paar et al. (80) teilten 1175 frische fibuläre Kapselbandrupturen nach dem intraoperativen Befund in insgesamt 6 Typen ein:

Typ 1: isolierte Ruptur des Ligamentum fibulotalare anterius

Typ 2: isolierte Ruptur des Ligamentum fibulocalcaneare

Typ 3: Ruptur Ligamentum fibulotalare anterius und proximales Ligamentum fibulocalcaneare

Typ 4: Ruptur Ligamentum fibulotalare anterius und distales Ligamentum fibulocalcaneare

Typ 5: Komplette Ruptur von Ligamentum fibulotalare anterius und Ligamentum fibulocalcaneare

Typ 6: Ruptur Ligamentum fibulotalare anterius, posterius und Ligamentum fibulocalcaneare

Zu 85 % waren hierbei die Typen 3-5 beteiligt, zu 13 % Typ 1, zu 2 % Typ 6 und in 2 Fällen von 1175 Typ 2.

Kannus et al. (53) berichteten über unterschiedliche intraoperative Befunde. Einzelne Autoren finden nur komplette Zweibandrupturen, in einigen Studien überwog die isolierte Ruptur des Ligamentum fibulotalare anterius.

Intraoperativ zeigte sich bei den operierten 50 Patienten der vorliegenden Studie eine Verteilung der Verletzungsmuster, die etwa den in der Literatur angegebenen Zahlen entspricht. Wir fanden zu 74 % die Typen 3-5 nach Paar (80), zu 12 % den Typ 1, zu 14 % Typ 6, wobei dieser in der vorliegenden Untersuchung in Subtypen 6a und 6b, Teilruptur und komplette Ruptur des Ligamentum fibulotalare posterius eingeteilt wurde.

In Gruppe A waren mit 4% weniger Dreibandrupturen zu finden, als in Gruppe B mit 24%.

Im Unterschied zur konservativen Therapie birgt die Operation einige spezifische Komplikationen (53, 66, 77, 102):

- Wetterfähigkeit der Narbe,
- Vermehrte Schwellneigung,
- Sensibilitätsstörungen oder Narbenschmerzen,
- Narbenreizungen,
- Wundheilungsstörungen,
- Infektionen,
- Thrombose und Embolie.

Zusätzliche Komplikationen, die sowohl nach operativer, als auch nach konservativer Therapie auftreten können, sind (53, 66, 77, 102):

- Sudeck Dystrophie,
- Meniskoid Syndrom.

Die gefährlichsten Komplikationen, wie Embolie und Thrombose, welche bei der Gipsimmobilisation gelegentlich auftraten (53), sind aufgrund der frühfunktionellen Therapie und Durchführung einer kurzzeitigen Thromboembolieprophylaxe äußerst selten.

In der vorliegenden Studie traten operationsspezifisch zwei Fälle von Dysästhesien im Kleinzehenbereich, zwei wetterabhängige Mißempfindungen im Kapselbandnarbenbereich, eine Druckstelle nach Gipsversorgung, eine Berührungsempfindlichkeit im Narbenbereich, eine Meniskoid ähnliche Symptomatik, welche nach einmaliger Infiltration verschwand und als bedeutendste Komplikation eine Wundinfektion mit Unverträglichkeit des Fadenmaterials auf.

Bei den konservativ Therapierten fand sich in drei Fällen Wetterfähigkeit im Kapselbandnarbenbereich, sowie bei drei Patienten ein klinisch diagnostiziertes Meniskoid Syndrom. Bei allen drei Patienten war nach primär konservativem Therapieversuch (Physiotherapie, Infiltrationen) eine arthroskopische Sanierung erforderlich, der Zeitpunkt der Operation lag bei allen Patienten zwischen dem zehnten und dreizehnten Monat und erbrachte völlige Beschwerdefreiheit. Es hat somit den Anschein, daß die konservativ Behandelten eher zum Meniskoid Syndrom neigen.

### Isokinetische Tests

Der erste isokinetische Test sechs Wochen nach Therapiebeginn stellte zusammen mit der klinischen Untersuchung die Grundlage zur Beurteilung des Heilungsergebnisses, der Belastbarkeit und der Sportfähigkeit dar.

Unterschiede zwischen verletzter und unverletzter Seite sollten Aufschluß über die Leistungsfähigkeit der sprunggelenkstabilisierenden Muskulatur geben. Bestehende Defizite sollten Hinweise für Trainingsinhalte im weiteren Aufbautraining geben.

Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen sollten Hinweise und Rückschlüsse auf die bessere primäre Behandlungsform oder die bessere Orthesennachbehandlung erlauben. Damit sollte die

Beurteilung ermöglicht werden, ob eine der verschiedenen Behandlungsformen zu einer leistungsfähigeren, besser aktivierbaren Muskulatur führt.

Bei der zweiten isokinetischen Nachuntersuchung nach sechs Monaten sollten Änderungen der erreichten Werte erfaßt werden.

Es wurde erneut nach den Unterschieden zwischen den Behandlungsgruppen geforscht.

In der Literatur sind Vergleichsstudien mit isokinetischer Nachbehandlung selten. Fiehn et al. (28) untersuchten verschiedene therapeutische Maßnahmen im Anschluß an ein Supinationstrauma. Sie teilten insgesamt 56 Patienten in drei unterschiedliche Behandlungsgruppen ein. Die erste Gruppe wurde frühfunktionell mit einer Orthese behandelt (20 Patienten), die zweite Gruppe wurde ebenfalls frühfunktionell mit Orthese behandelt und erhielt zusätzlich ab dem 18. Tag ein fünf Wochen dauerndes Aufbauprogramm (zwei mal wöchentlich) (18 Patienten). Die dritte Gruppe wurde immobilisierend therapiert.

Nach siebeneinhalb Wochen und nach sechs Monaten wurden Messungen des maximalen isokinetischen Drehmomentes am Sprunggelenk bei 60° pro Sekunde Winkelgeschwindigkeit auf dem Cybex ® Meßsystem durchgeführt.

Ebenfalls am Cybex ® Meßsystem wurden die Nachuntersuchungen nach sechs Monaten von Zwipp et al. (132) durchgeführt. Er fand signifikant bessere Ergebnisse der konservativ - funktionell behandelten Patienten und signifikant schlechtere Ergebnisse der konservativ - immobilisierten Patienten.

Bei der ersten Nachuntersuchung der vorliegenden Studie zeigten sich weder zwischen die Einzelgruppen, noch den zusammengefaßten Gruppen Operativ und Konservativ Unterschiede. Die verletzten Sprunggelenke waren in der Regel bessere, als die unverletzten Sprunggelenke. Die Gruppe der mit der Schiene Therapierten war signifikant besser, als die mit dem Stabilschuh versorgten Patienten in Dorsalextension. Konstruktionsbedingt ist die Dorsalextension bei der Schiene im Vergleich zum Stabilschuh nicht eingeschränkt.

Fiehn et al. (28) konnten nach dem ersten Test für alle Gruppen eine deutlich schlechtere Kraftentwicklung am verletzten Sprunggelenk nachweisen. Dabei hatten die funktionell mit Orthese und Aufbautraining Behandelten die geringsten Unterschiede. Außerdem stellten sie fest, daß in dieser Gruppe die Differenz zwischen erstem und zweitem Test am geringsten war.

Sie unterschieden zusätzlich noch zwischen primär operierten und primär konservativ behandelten Sprunggelenken, wobei über die Anzahl und die Verteilung keine Angaben gemacht wurden. Die Operierten wiesen beim ersten Test deutlich geringere Werte auf.

Diese Ergebnisse decken sich mit denen von Verdonck et al. (126), die 12 Wochen nach einem Supinationstrauma immer noch Defizite der verletzten gegenüber der unverletzten Seite fanden. Diese Patienten wurden nach 14 Tagen Immobilisation für weitere vier bis sechs Wochen funktionell nachbehandelt.

Im Gegensatz dazu haben die Patienten der vorliegenden Studie im ersten Test mindestens gleiche Kraftentwicklung der verletzten Seite. Diese Diskrepanz ist erklärbar mit der unmittelbar nach Trauma oder Operation begonnenen frühfunktionellen Therapie und dem frühen Beginn der isokinetischen Trainingstherapie. Somit scheint diese Therapieform, d. h. die Frühbelastung, die frühfunktionelle Krankengymnastik und Isokinetik der entscheidende und ausschlaggebende Grund für die Entwicklung einer wirksamen und leistungsfähigen Muskulatur zu sein. Diese verleiht dem Gelenk bei starker Beanspruchung Stabilität und unterstützt damit die lateralen Bandstrukturen (35, 56).

In der Kontrolluntersuchung nach sechs Monaten zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Gruppe A zugunsten der verletzten Seite, sonst herrschte weitestgehend Seitengleichheit. Die Gruppe Operativ zeigte einen signifikanten Unterschied zugunsten der verletzten Seite, ebenso die Gruppe Stabilschuh. Im direkten Vergleich der Gruppen ließen sich keine Unterschiede nachweisen.

Die hohen Werte der Gruppe A am verletzten Sprunggelenk beeinflussen die Unterschiede zugunsten der verletzten Seite in der operativen und der Stabilschuhgruppe.

Der Zuwachs des maximalen Drehmomentes bei den Einzelgruppen war nur in der Gruppe C signifikant (Dorsalextension). Für alle weiteren Gruppen waren die Unterschiede nicht signifikant. In den Gruppen Konservativ und Stabilschuh fand sich in Dorsalextension, in der Gruppe Schiene in Plantarflektion jeweils eine statistisch signifikante Steigerung. Eine Steigerung erfuhren auch die restlichen Gruppen, bis auf einen Verlust an maximalem Drehmoment bei der Stabilschuhgruppe in Plantarflektion um 2%.

Vermutlich durch die früh wiederaufgenommene alltägliche und sportliche Belastung scheint sich ein nach der Verletzung gut rehabilitiertes, muskulär leistungsfähiges Sprunggelenk in seiner maximalen Leistungsfähigkeit nochmals zu verbessern - unabhängig von der gewählten Therapieform. Die Gruppen A und C, beide mit dem Stabilschuh behandelt, weisen dabei vergleichsweise hohe Steigerungen auf, die vermutlich darauf zurückzuführen sind, daß die Ausgangswerte relativ gesehen geringer waren.

Insgesamt läßt sich feststellen, daß die Entwicklung einer leistungsfähigen Muskulatur durch keine der verwendeten Behandlungsformen negativ beeinflußt wird. Dabei scheint die Orthesenversorgung mit der Schiene eher positiven Einfluß auf das kurzfristige Ergebnis zu haben, als die Versorgung mit dem Stabilschuh. Eindeutige Unterschiede aufgrund der isokinetischen Diagnostik können nicht festgestellt werden.

Positive, hohe Korrelation war zwischen allen Untersuchungsparametern vorhanden. Höchste Korrelationen fanden sich in den Vergleichen der verletzten mit der unverletzten Seite, beispielsweise bei Gruppe A mit  $r=0,91$  für das Drehmoment der Plantarflektion in der zweiten Nachuntersuchung oder  $r=0,92$  für das Drehmoment der Dorsalextension in der ersten isokinetischen Untersuchung der Gruppe D. Sowohl bei den Einzelgruppen, als auch bei den zusammengefaßten Gruppen konnten diese hohen Werte nachgewiesen werden, sie erklären die nah beieinander liegenden Ergebnisse der Tests. Hohe Korrelationskoeffizienten im Vergleich der ersten mit der zweiten Untersuchung bedeuten einen linearen Zusammenhang der Untersuchung.

### **Propriozeption und Neurophysiologie**

Die Propriozeption wird übereinkommend als Gefühl der Gelenkstellung und Gelenkbewegung bezeichnet (30).

Nach einer Verletzung der Außenbänder am oberen Sprunggelenk kommt es durch Ausfall oder durch Störung eines Teils der Afferenzfähigkeit zu einem propriozeptiven Defizit mit Ungenauigkeiten in der Kinästhetik mit gleichzeitig verstärktem Instabilitätsgefühl (29, 51, 61), welche als Ursache für die funktionelle Instabilität angesehen werden (29).

Die Propriozeption wird als komplexes Zusammenspiel zwischen den Sensoren der Haut, des Muskels, der Bänder und des Kapselbandapparates gesehen (5). Bei einem traumatisch bedingten Ausfall einer dieser Komponenten, hier der Gelenk- oder Ligamentrezeptoren können die restlichen Propriozeptoren erst durch gezieltes Training diese Ausfälle kompensieren. Biedert nennt dieses ein Wiedererlernen der propriozeptiven Fähigkeiten.

Andere Veröffentlichungen berichten, daß eine derartige Verletzung keine propriozeptiven Defizite hervorruft (27, 60). In Versuchsreihen mit Anästhesie der Gelenkbänder konnte kein signifikanter Unterschied zwischen normaler Gelenkfunktion ohne und mit Anästhesie gesehen werden, offenbar waren die Band- oder Mechanorezeptoren nur gering an der Gelenk Propriozeption beteiligt, während die afferente Rückkopplung der Haut, der Muskulatur und anderen Gelenkrezeptoren ausgereicht hat. Da bei einer Kapselbandruptur am oberen Sprunggelenk nicht nur isoliert die Ligamente reißen, sondern auch andere Strukturen mitverletzt werden, und durch die Verletzung komplexe makro- und

mikroanatomische sowie biochemische Veränderungen auftreten, bleibt die isolierte Anästhesie der Ligamente in ihrer Aussagekraft bezüglich der propriozeptiven Wirkung gering.

Im Gegensatz dazu scheinen Orthesen die Propriozeption entscheidend zu verbessern (1, 27, 51). Zur Messung der Propriozeption oder der propriozeptiven Fähigkeiten werden mehrere anerkannte Methoden verwendet (30):

Einbeinstandtest (29, 34, 51), Sprungparcourtest (51), Winkelreproduktionstest (27, 51, 60, 97), Anästhesie (27, 60), Anatomie und Histologie (5), Reflexableitungen am Ligament (5), Reflexableitungen an der Muskulatur (1, 60, 98, 99), Kippbrettchen (29, 38, 39, 98, 99, 132), KAT 2000 (40), Isokinetik (30), Bodenreaktionskraftmessung (60).

Koordinatives Training unter anderem auf den hier verwendeten Holzkippbrettchen stellt seit Freeman (29) eine anerkannte Maßnahme in der Rehabilitation nicht nur von Sprunggelenkverletzungen dar (38, 39, 132). Auch bei der Prävention solcher Verletzungen am oberen Sprunggelenk oder am Kniegelenk (11), sowie bei der Trainingsbetreuung vorangegangener, rezidivierender Distorsionstraumata konnte der Nutzen dieser Therapieform nachgewiesen werden (34, 123).

Scheuffelen et al. (98) stellten erstmals die Übertragbarkeit der Wirkung auf gesunde Probanden unter prophylaktischen Aspekten heraus. Sie untersuchten eine Gruppe von Probanden ohne vorangegangene Sprunggelenkverletzungen experimentell in mechanischer und neurophysiologischer Hinsicht. Für die Verwendung der Kippbrettchen konnte die Gruppe feststellen, daß die Stärke der Reflexantwort bei einer plötzlichen Supinationsbewegung verstärkt werden konnte, ebenfalls wurde eine Zunahme der isometrischen Stärke der Pronatoren erreicht. Bei chronisch Instabilen wurde diese Zunahme auch von Tropp et al. (124) berichtet, sie führten diesen Effekt auf die Rekonvaleszenz der lang bestehenden Muskelatrophie zurück. Ebenfalls bei gesunden Probanden führten Sheth et al. (109) Umknickversuche auf einer instabilen Plattform unter gleichzeitiger EMG Ableitung durch. Eine Absolvierung eines achtwöchigen, propriozeptiven Trainings auf einem Therapiekreisel verbesserte auch hier die muskuläre Reaktionsbereitschaft auf plötzliche Inversionstraumata.

Die Ergebnisse zeigten, daß die verletzten Sprunggelenke nach sechs Wochen zum Teil hoch signifikant bessere Werte erbrachten, als die unverletzten, aber gleichzeitig mittrainierten Sprunggelenke. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der vorgenannten Literatur (109).

Nach sechs Monaten konnten diese Ergebnisse bestätigt werden. Die erzielten Standzeiten zeigten große Ähnlichkeiten. Beide unterschiedlich konstruierten Kippbrettchen scheinen gleiche Wirkung auf die Sprunggelenkstabilisationsfähigkeit zu haben, dies schlägt sich in den hohen Korrelationskoeffizienten (bis zu  $r=0,97$ ) nieder. Es wird angenommen, daß die propriozeptiven Strukturen am Sprunggelenk ohne Unterschied auf die Konstruktion durch beide Brettchenformen gleich gut angesprochen werden.

Die von Freeman et al. (29) erstmals verwendeten, ähnlich gebauten Kippbrettchen haben in den vergangenen Jahren zwar eine Weiterentwicklung erfahren, die Wirkungsweise hat sich aber nicht verändert. Der Effekt des propriozeptiven Trainings ist mit allen bisher dargestellten Hilfsmitteln erreichbar. Entscheidend ist die Durchführung des propriozeptiven Trainings. Dabei gibt es keine Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Therapie- oder verwendeten Orthesenformen.

Die Messung der Sprungkraft (91) durch zwei verschiedene Sprungformen diente der Aussage über sportmotorische Fähigkeiten (37) der einzelnen Patientengruppen.

In beiden Nachuntersuchungen wird erkannt, daß das ehemals verletzte Sprunggelenk bessere Sprungleistungen erbringt, als das unverletzte Sprunggelenk. Unterschiede zwischen den Gruppen können nicht nachgewiesen werden. Ebenfalls bestehen keine Unterschiede zwischen den Untersuchungen. Die Sprunghöhe und damit die Sprungkraft läßt eine gute Aussage über die Leistungsfähigkeit der Muskulatur und die Belastungs- und Reaktionsfähigkeit des Sprunggelenkes zu. Das behandelte Sprunggelenk profitiert offenbar noch nach begonnener sportlicher Aktivität von dem durchgeführten Aufbautraining im Rahmen der Rehabilitation. Verschiedene komplexe Sprungformen

werden deswegen auch immer wieder zur Beurteilung der Sportfähigkeit, aber auch zur Beurteilung der Propriozeption herangezogen (51).

### **Hypothesen**

1. Die erste Null – Hypothese wird angenommen, das Behandlungsergebnis zwischen der operativen und konservativen Therapieform unterscheidet sich nicht.
2. Die zweite Null – Hypothese wird angenommen, das Behandlungsergebnis zwischen der mit dem Stabilschuh und der mit der Schiene behandelten Gruppe unterscheidet sich nicht.
3. Die dritte Null – Hypothese wird angenommen, das Behandlungsergebnis zwischen den vier gebildeten Behandlungsgruppen unterscheidet sich nicht.
4. Die vierte Null – Hypothese wird verworfen, das Nachbehandlungsschema hat im Vergleich mit der Literatur einen Effekt auf die Wiederherstellung der Sportfähigkeit.

## 7 Schlußfolgerung

Krahl (64) kritisiert an der Studie von Zwipp et al. (132), daß dessen Patientenkollektiv nicht homogen aus unterschiedlichen Sportdisziplinen und nicht aus dem Leistungssport rekrutiert wurde, um Aussagen über den Wert der Therapieform für den Leistungs- und Hochleistungssportler machen zu können. Zwipp et al. (132) verfügen über ein anteiliges Kollektiv von 12% Leistungssportlern, bei Klein et al. (59) gilt der Leistungssport ebensowenig als Einschlußkriterium, wie bei Sommer et al. (111, 112). Sommer et al. (111) haben Leistungssportler mit einem Normalkollektiv vergleichen und schlossen aus den Ergebnissen, daß im Leistungssport die konservative Therapie die Therapie der Wahl sein müßte. Die Nachbehandlung der verschiedenen Gruppen sah völlig unterschiedlich aus, denn die Sportler wurden im Gegensatz zu den mit Gips nachbehandelten operierten Patienten und den funktionell konservativ behandelten Patienten krankengymnastisch betreut. Es läßt sich also vermuten, daß die besseren Nachuntersuchungsergebnisse und die damit verbundene Forderung nach konservativer Therapie im Leistungssport nicht aufgrund der primär gewählten Therapieform, sondern aufgrund der in der Leistungssportgruppe durchgeführten krankengymnastischen Nachbehandlung aufgetreten sind.

In der vorliegenden Studie wurde erstmals ein Leistungssportlerkollektiv prospektiv und randomisiert untersucht. Die von Krahl (64) geforderten Kriterien werden somit ausreichend erfüllt. Dabei liegen Durchschnittsalter, Seiten- und Geschlechtsverteilung im Rahmen aller erwähnten Studien (20, 38, 39, 59, 85, 111, 112, 132).

In der Diagnostik der akuten, frischen lateralen Kapselbandruptur am oberen Sprunggelenk wird man in Zukunft auf die gehaltenen Aufnahmen bei eindeutiger klinischer Diagnose verzichten können (102, 117, 125). Sie zeigen posttraumatisch durchgeführt in ihrer Ausprägung keine Korrelation zum tatsächlichen Verletzungsausmaß, außerdem lassen sie keine Prognose auf den zu erwartenden Stabilitätsgewinn zu. Sie sind zudem besonders dann schädlich, wenn bei nicht sofortiger Durchführung und danach konservativer Therapieform ein maximaler Streß auf den Kapselbandapparat und die schon in Heilung befindlichen Strukturen ausgeübt wird.

Okkulte intraossäre Verletzungen, die bei einem Supinationstrauma mit Außenbandruptur mit einer Inzidenz von 5-7% auftreten (77, 84), und die konventionell radiologisch nicht ausgeschlossen werden können, sollten bei klinischem Verdacht einer Kernspintomografie zugeführt werden. Diese Form der Diagnostik sollte ebenfalls bei akutem Verdacht auf osteochondrale Verletzungen mit einer Inzidenz von 6,5% (77) und bei Re- oder Second - Stagerupturen mit einer Inzidenz bis 25% (84) durchgeführt werden. Eine entlastende Therapie bis zum Ausheilen der Fraktur, ggf. eine Operation bei größeren Fragmenten oder osteochondralen Flakes wäre hier die Folge.

Die dargestellte, frühfunktionelle und intensive Nachbehandlung ist zeitaufwendig, und es stellt sich die Frage, ob jeder diagnostizierte Sprunggelenkverletzte diesen Aufwand betreiben kann.

Dieses Konzept ist dennoch zu empfehlen, denn es findet eine vollständige Rehabilitation statt. Ein Rückgang von Rezidivverletzungen ist zu erwarten.

Der Sportler allerdings, vor allem der Hochleistungssportler strebt eine insgesamt möglichst kurze Verletzungszeit und möglichst frühe und sichere Reintegration in den Sport an.

Diese Ziele sind mit dem dargestellten Konzept offenbar zu erreichen.

Trotz dieser vergleichsweise dynamischen, progressiven Nachbehandlung sind die Nachuntersuchungsergebnisse nicht schlechter, als bei anderen Autoren.

Aufgrund von experimentellen Untersuchungen wurde im Rahmen der frühfunktionellen Behandlung eine frühestmögliche Belastung der verletzten Extremität gefordert (71, 90, 91, 100, 101, 110, 128). Das entsprechende, darauf basierende klinische Anwendungskonzept wurde in dieser Studie erstmalig vorgestellt und untersucht. Der Nutzen der funktionellen Therapie und der funktionellen Behandlung,

bzw. die Problematik der Immobilisation für die ligamentäre Heilung war bereits mehrfach belegt (**16, 129**).

Desweiteren konnte der Nachweis erbracht werden, daß die isokinetische Trainingstherapie eine sinnvolle Ergänzung im Rahmen der Rehabilitation der lateralen Kapselbandruptur am oberen Sprunggelenk darstellt. Dies wurde für das Sprunggelenk bereits mehrfach beschrieben (**28, 38, 39, 126, 132**), kam aber bisher oft erst postprimär zur Anwendung (frühestens in der 2. bis 3. Woche nach dem Trauma). Am Kniegelenk wird die Isokinetik in der Diagnostik und Rehabilitation schon routinemäßig eingesetzt, am Sprunggelenk wurde sie bisher mit Zurückhaltung betrachtet. Damit öffnen sich neue Wege sowohl in der Diagnostik, als auch in der Nachbehandlung und Rehabilitation. Als Folge von Kapselbandrupturen am oberen Sprunggelenk wird ein propriozeptives Defizit diskutiert, welches als eine Ursache für die funktionelle Instabilität angesehen werden kann. Über die Problematik der funktionellen Instabilität wurde bereits mehrfach berichtet. Colville et al. beschreiben eine Inzidenz von 20% unabhängig von der Therapieform (**15**). Auch andere Autoren berichten über ähnliche Zahlen (**7, 29, 53**).

Für die verwendeten Orthesen, die Aircast® Knöchelschiene und den Adipromed-super® Stabilschuh ist bereits mehrfach eine Verbesserung der Propriozeption nachgewiesen worden (**27, 51, 57, , 97, 99, 104**), wobei die propriozeptive Qualität der am oberen Sprunggelenk applizierten Orthese das Niveau klinisch gesunder, nicht stabilisierter Sprunggelenke erreichen kann. Um eine funktionelle Instabilität zu vermeiden, ist das propriozeptive Training als essentieller Inhalt in der Nachbehandlung zu sehen. Durch gezieltes propriozeptives Training wird die neuromuskuläre Reaktionsbereitschaft (**6, 99**) durch gezielte Stimulation der unterschiedlichen Rezeptoren verbessert. Aus diesem Grund sollte schon recht früh mit dieser Trainingsform begonnen werden.

Kannus und Renstroem (**53**) haben 1991 in einer Übersichtsarbeit Behandlungsergebnisse von insgesamt 12 im Aufbau ähnlichen Studien dargestellt. Die vorliegende Studie entspricht den dort angegebenen prospektiven und randomisierten Kriterien und ist mit den Ergebnissen gut vergleichbar. Auch hinsichtlich der von anderen Untersuchern angegebenen Parametern wurden hier insgesamt unabhängig von der Behandlungsform gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt (**20, 38, 39, 50, 53, 59, 62, 63, 73, 83, 91, 100, 111, 132**).

Ein höheres Risiko bezüglich des mechanischen und funktionellen mittel- bis langfristigen Ergebnisses für diese Studie besteht dabei offenbar nicht.

Eine zunehmende Beanspruchung der Kapselbandstrukturen im Rahmen der Mobilisationstherapie läßt eine verbesserte und beschleunigte Heilung erwarten. Dabei scheint es in der Konsequenz geringe Unterschiede bezüglich der Therapieform zu geben.

Unterschiede in der Frühphase mit besseren radiologischen Ergebnissen zugunsten der operativen Primärtherapie lassen auf noch im Ablauf befindliche Heilungsprozesse der Kapselbandstruktur, gerade bei der konservativen Therapieform zurückschließen.

Der signifikante, weitere Stabilitätsgewinn zwischen der zwölften Woche und dem zwölften Monat weist ebenfalls auf noch anhaltende Granulations- und Vernarbungsprozesse hin.

Die Wahl der Orthese hat im statistischen Vergleich ebenfalls keinen Einfluß auf das Heilungsergebnis, obwohl bei biomechanischen Prüfungen signifikante Unterschiede bei der Stabilisationswirkung und den neurophysiologisch - propriozeptiven Eigenschaften der Orthesen auftraten (**100**). Der Wert und damit auch die Wahl der zu verwendenden Orthese sollte durch diese Eigenschaften bestimmt werden. In der Nachbehandlung des Leistungssportlers muß eine individuell und sportartspezifisch anwendbare Orthese gewählt werden, welche die therapeutisch geforderte Stabilität und die propriozeptiven Effekte vermitteln kann, und gleichzeitig die im Leistungssport geforderte Mobilität und Flexibilität zuläßt.

In der Untersuchung fällt auf, daß die operativ behandelten Gruppen, vor allem bezüglich der radiologisch erreichten Stabilität, ein tendenziös besseres Ergebnis erbrachten. Möglicherweise läßt

sich aufgrund der geringen Fallzahlen deswegen keine statistische Relevanz erschließen. Auch andere prospektive und randomisierte Studien können keine eindeutigen statistisch relevanten Unterschiede zugunsten einer bestimmten Therapieform nachweisen.

Aufgrund der signifikant besseren Ergebnisse hinsichtlich der subjektiven Untersuchungsparameter kann die Frage nach der Primärtherapie der frischen, erstmaligen, lateralen Kapselbandruptur beim Leistungssportler am oberen Sprunggelenk von Fall zu Fall zugunsten der operativen Methode erwogen werden.

Sollten sich die gefundenen Tendenzen und Unterschiede im längerfristigen Bereich im Rahmen dieses Kollektivs bei der zur Zeit stattfindenden Nachuntersuchung bestätigen, so wird die hier erfolgreich durchgeführte, frühestmögliche ambulante operative Therapie beim Leistungssportler eine sichere Methode darstellen.

Voraussetzung ist in diesen Fällen die konsequente, progressive, frühfunktionelle und engmaschige Nachbehandlung.

Insgesamt gesehen ist es möglich, unter Anwendung beider Methoden (operativ und konservativ) und vergleichsweise dynamischer Nachbehandlung auch im mittel- bis langfristigen Bereich sowohl gute mechanische als auch funktionelle Nachuntersuchungsergebnisse zu erreichen.

Dabei wird dem Wunsch des Patienten nach kurzer Ausfallzeit und besonders dem Wunsch des Sportlers und Leistungssportlers nach früher Trainings- und Wettkampfindegration nachgekommen. Mit Blick auf die Zukunft des Sportlers besteht dabei keine erhöhte Gefahr von Folgeschäden und Rezidivverletzungen.

Empfohlenes Procedere bei der akuten, erstmaligen lateralen Kapselbandruptur des Leistungssportlers:

1. Erstversorgung mit Hochlagerung, Kühlung und Kompression.
2. Klinische Untersuchung und radiologischer Frakturausschluß, ggf. Sonografie, keine gehaltenen Aufnahmen!
3. Bei klinischem Verdacht auf okkulte intraossäre Verletzung oder osteochondrale Begleitverletzung Durchführung einer Kernspintomografie.
4. Im Ausnahmefall frühestmögliche Operation (ambulant).
5. Sofortige sportartspezifische Orthesenversorgung, ggf. Gipsschienenversorgung für die Nacht für wenige Tage.
6. Kurzfristige Thromboseprophylaxe mit niedermolekularen Heparinen bis zur Gehfähigkeit (wenige Tage).
7. Frühestmöglicher Belastungsaufbau mit begleitenden schmerzstillenden und abschwellenden Maßnahmen; Elektrotherapie, Hochvolt, Rebox, Lymphdrainage, Cryo Cuff<sup>®</sup>, ggf. Medikamente (NSAR, Enzympräparate) in den ersten eins bis zwei Wochen.
8. Weitere physikalische Therapie; Diodynamik, Ultraschall, Interferenzstrom ab der zweiten Woche.

9. Manuelle Mobilisationstherapie und krankengymnastische Kräftigung der Beinachse und der Stabilisationsfähigkeit jeweils unter axialer Belastung des Sprunggelenkes von Beginn an und in der Komplexität ansteigend.
10. Propriozeptives und koordinatives Training von Beginn an.
11. Isokinetisches Muskelaufbautraining in der geschlossenen Kette ab der zweiten Woche.
12. Sportartspezifisches Training ab der zweiten bis dritten Woche unter Orthesenschutz.
13. Sportfreigabe und Sportbeginn nach manueller Stabilitätskontrolle und reizlosem, muskelkräftigem und subjektiv stabilem Sprunggelenk zunächst unter Orthesenschutz in der fünften bis sechsten Woche.
14. Abtrainieren der Orthese nach Sportfreigabe.

## 8 Anhang

### 8.1 Literaturverzeichnis

1. Alt W, Lohrer H, Gollhofer A: Tape wirkt doch!? Propriozeptive und mechanische Untersuchungen zur Wirksamkeit stabilisierender Tapeverbände am Sprunggelenk, *Sportorthop Sporttraumatol* 14, 2: 75-85, 1998
2. Arendt E: Sportmedizinische und –methodische Rehabilitationsprinzipien beim Wiederaufbau des Sportlers nach Sprunggelenksverletzungen, *Med und Sport* 23 H 1-3: 67-70, 1983.
3. Bahr R, Karlsen R, Lian O, Ovrebo O: Incidence and mechanisms of acute ankle inversion injuries, *Am J Sports Med* 22(5): 595-600, 1994.
4. Bahr R, Pena F, Shine J, Lew W D, Engebretsen L: Ligament force and joint motion in the intact ankle: a cadaveric study, *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy* 6: 115-121, 1998.
5. Biedert R: Sensomotorische Funktion des Kniegelenkes, GOTS Beiersdorf Preisvortrag, GOTS Kongreß München 1998.
6. Bizzini M, Mathieu N, Steens J-C: Propriozeptives Training der unteren Extremität auf instabilen Ebenen, *Manuelle Medizin* 29: 14-20, 1991.
7. Boruta P M, Bishop J O, Braly W G, Tullos H S: Acute lateral ankle ligament injuries: a literature review, *Foot and Ankle* 11: 107-113, 1990.
8. Brostroem K: Sprained ankles V. Treatment and prognosis in recent ligament ruptures, *Acta Chir Scand*, 132: 537-550, 1966.
9. Bruns J, Staerk H: Muskuläre Stabilisierung des oberen Sprunggelenkes bei lateraler Instabilität. *Beitr Orthop Traumatol* 37: 597-604, 1990.
10. Burks R T, Morgen J: Anatomy of the lateral ankle ligaments, *Am J Sports Med* 22 (1): 72-77, 1994.
11. Caraffa A, Cerulli G, Progetti M, Aisa G, Rizzo A: Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training; *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy* 4: 19-21, 1996.
12. Cawley P W, France E P: Biomechanics of the lateral ligaments of the ankle: an evaluation of the effects of axial load and single plane motions on ligament strain patterns, *Foot and Ankle* 12 (2): 92-99, 1991.
13. Colliander E, Eriksson E, Herkel M: Injuries in swedish elite Basketball. *Orthopedics* 9: 225-227, 1986.
14. Colville M R, Marder R A, Boyle J J, Zarins B: Strain measurement in lateral ankle ligaments; *Am J Sports Med* 18 (2): 196-200, 1990.
15. Colville M R: Reconstruction of the lateral ankle ligaments, *J Bone Joint Surg* 76 A (7): 1092-1102, 1994.
16. Dahners L E, Torke M D, Gilbert A, Lester G E: The effect of motion in collagen synthesis, DNA synthesis and fiber orientation during ligament healing. 35th annual meeting, Orthopedic research society, February 6-9, Las Vegas, Nevada: 299, 1989.
17. Diekstall P, Schulze W, Noack W: Der Immobilisationsschaden, *Sportverl - Sportschad* 9: 35-43, 1995.
18. Dietz V, Gollhofer A, Kleiber M, Trippel M: Regulation of bipedal stance: dependency on load receptors; *Experimental brain research*, 89:229-231, 1992.
19. Duesberg F, Verdonck A: Isokinetische Test- und Diagnoseverfahren in der Sportmedizin: Chancen und Grenzen; *Kraftausdauertraining*; Edition Sport Köln: 73-87, 1989.
20. Eiff M P, Smith A T, Smith G E: Early mobilisation versus immobilisation in the treatment of lateral ankle sprains. *Am J Sports Med* 22: 83-88, 1994.
21. Einsingbach T: PNF in Orthopädie und Traumatologie, Pflaum Verlag München, 1988.

22. Eitner D, Kuprian W, Meissner L, Ork H: Sportphysiotherapie, 2: Auflage, Gustav Fischer Verlag, 1990.
23. Ekstrand J, Tropp H: The incidence of ankle sprains in soccer. *Foot and Ankle* 11: 41-44, 1990.
24. Ernst R, Grifka J, Gritzan R, Kemen M, Weber A: Sonografische Kontrolle des Außenbandapparates am oberen Sprunggelenk bei frischer Bandruptur und chronischer Instabilität; *Z Orthop* 128: 525-530, 1990.
25. Evans G H, Hardcastle P, Frenyo A D: Acute rupture of the lateral ligament of the ankle. To suture or not to suture? *J Bone Joint Surg* 66 B (2): 209-212, 1984.
26. Farell M, Richards J G: Analysis of the reliability and validity of the kinetic computer exercise device; *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18 (1): 44-49, 1986.
27. Feuerbach J W, Grabiner M D, Koh T J, Weiker G G: Effect of an ankle orthosis and ankle anaesthesia on ankle joint proprioception, *Am J Sports Med* 22 (2): 223-229, 1994.
28. Fiehn F R, Froböse I, Gaunitz J, Labrianidis K: Supinationstrauma und verschiedene therapeutische Maßnahmen im Vergleich mittels isokinetischem Krafttest, *Biokinetika Tagungsband*: 200-216, 1994.
29. Freeman M A R, Dean M R E, Hanham I W F: The etiology and prevention of funktional instability of the foot, *J Bone Joint Surg* 47 B: 678-685, 1965.
30. Fu F (ACL study group): Proprioception in knee and shoulder rehabilitation, Vortrag GOTS Kongreß München 1998.
31. Garrick J G, Requa R K: The epidemiology of foot and ankle. *Injuries in sports*, *Clin Sports Med* 7 (1):29-36, 1988.
32. Garrick J: The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains, *Am J Sports Med* 5 (6): 241-242, 1977.
33. Gauffin H, Tropp H, Odenrick P: Effect of ankle disk training on postural control in patients with functional instability of the ankle joint, *Int J Sports Med* 9: 141-144, 1988.
34. Gleitz M, Rupp T, Hess T, Hopf T: Einfluß des Reflextrainings auf die Stabilisierung chronisch instabiler Sprunggelenke, *Orthop Praxis* 7: 498-501, 1992.
35. Glick J M, Gordon R B, Nishimoto D: The prevention and treatment of ankle injuries, *Am J Sports Med* 4: 136-141, 1976.
36. Gollhofer A, Scheuffelen C, Lohrer H: Neuromuskuläre Stabilisation im oberen Sprunggelenk nach Immobilisation; *Sportverl - Sportschad* 7, Sonderheft 1: 23-28, 1993.
37. Gollhofer A: Komponenten der Schnellkraftleistungen im Dehnungsverkürzungszyklus, *Sportwissenschaften und Trainingspraxis*, Band 1, 1987.
38. Grasmück J, Lohrer H, Alt W: Behandlung und Nachbehandlung der Kapselbandverletzung am lateralen oberen Sprunggelenk, *Sportorthop -Sporttraumatol* 12 (1): 10-15, 1996.
39. Grasmück J, Lohrer H, Gollhofer A, Alt W: Ein Konzept zur frühfunktionellen, leistungssportgerechten Rehabilitation bei operativ oder konservativ therapierten lateralen Kapselbandrupturen am oberen Sprunggelenk, *Orthop Praxis* 3: 186-190, 1995.
40. Grasmück J, Neun O: Nachweis der Wertigkeit, Stabilität und der biomechanischen Eigenschaften der primären Naht und Augmentation der frischen vorderen Kreuzbandruptur, bisher unveröffentlichte Daten
41. Greene T A S, Hillmann K: Comparison of support provided by a semirigid orthosis and adhesive ankle taping before, during and after exercise, *Am J Sports Med* 18: 498-506, 1990.
42. Grifka J, Ernst R, Gritzan R, Kemen M: Funktionell sonografische Stabilitätsprüfung des Sprunggelenk - Außenbandapparates, *Orthop. Praxis* 9: 585-590, 1990.
43. Gross M T: Effects of recurrent lateral ankle sprains on active and passive judgement of joint position, *Physical Therapy* 10: 67-69, 1987.
44. Gross M T, Bradshaw M K, Ventry L C, Weller K H: Comparison of support provided by ankle taping and semirigid orthosis, *J Orthop Sports Phys Ther* 9: 33-39, 1987.

45. Heiler R, Gretenkord K, Tillmann B: Funktionelle Anatomie des oberen und unteren Sprunggelenks, *Orthop Praxis* 4: 299-304, 1981.
46. Highenboten C L, Jackson A W, Meske N B: Concentric and eccentric torque comparisons for knee extension and flexion in young adult males and females using Kinetic Computer, *Am J Sports Med* 16 (3): 234-237, 1988.
47. Hoerster W et al.: Regionalanästhesie, 3. Auflage, Gustav Fischer Verlag, 133-139, 1989.
48. Hollis J M, Blasier R D, Flahiff C M: Simulated lateral ankle ligament injury - change in ankle stability; *Am J Sports Med* 23 (6): 672-677, 1995.
49. Jakob R P, Raemy H: Die funktionelle Behandlung der frischen fibularen Bankläsion mit der Castschiene, *Schweiz Z Sport Med*, 31: 53, 1983.
50. Jakob R P: Konservative versus operative Behandlung - der Prophet im eigenen Land. 2. Baseler Symposium für Sportmedizin. Das Sprunggelenk im Sport II, 1994.
51. Jerosch J, Bischof M: Der Einfluß der Propriozeptivität auf die funktionelle Stabilität des oberen Sprunggelenkes unter besonderer Berücksichtigung von Stabilisierungshilfen, *Sportverl – Sportschad* 8: 111-121, 1994.
52. Kaikkonen A, Hyppänen E, Kannus P, Järvinen M: Long-term functional outcome after primary repair of the lateral ligaments of the ankle, *Am J Sports Med* 25 (2): 150-155, 1997.
53. Kannus P, Renstroem P: Treatment for acute tears of the lateral ligaments of the ankle, *J Bone Joint Surg* 73 A (2): 305-312, 1991.
54. Kapandji: Funktionelle Anatomie der Gelenke, Band 2, Untere Extremität, Enke Verlag Stuttgart, 1985.
55. Kaufmann C: Die Verstauchung der großen Extremitätengelenke, *Schweizerische Medizinische Wochenzeitschrift*, Nr. 30: 737-745, 1920.
56. Kaumeyer G, Malone T: Ankle injuries: anatomical and biomechanical considerations necessary for development of an injury prevention program, *J Orthop Sports Phys Ther* 1: 171-177, 1980.
57. Kimura I F, Nawocenski D A, Epler M, Owen M G: Effect of the Air Stirrup in controlling ankle inversion stress, *J Orthop Sports Phys Ther* 9: 190-193, 1987.
58. Klein J, Höher J, Szafarczyk C, Tiling T: Sportfähigkeit und Ergebnisse nach fibularer Bandruptur des oberen Sprunggelenks beim Basketball - Leistungssportler; *Sportverl –Sportschad* 7, Sonderheft 1: 36-40, 1993.
59. Klein J, Rixen D, Albring T, Tiling T: Funktionelle versus Gipsbehandlung bei der frischen Außenbandruptur des oberen Sprunggelenks, *Unfallchirurg* 94: 99-104, 1991.
60. Konradsen L, Ravn J B, Soerensen A I: Proprioception at the ankle: the effect of anaesthetic blockade of ligament receptors, *J Bone Joint Surg* 75 B (3): 433-436, 1993.
61. Konradsen L, Ravn J B: Ankle instability caused by prolonged peroneal reaction time, *Acta Orthop Scand* 61: 388-390, 1990.
62. Konradsen, L, Holmer P, Sondergaard L: Frühfunktionelle Behandlung frischer Außenbandrupturen III. Grades am oberen Sprunggelenk. *Foot and ankle* 12: 69-73, 1991.
63. Korkala O, Rusanen M, Jokipii P, Kytömaa J, Avikainen V: A prospective study of the treatment of severe tears of the lateral ligament of the ankle. *Int. Orthopedics* 11: 13-17, 1987.
64. Krahl H: Angeforderter Kommentar zu Zwipp et al.: Fibulare Bandruptur am oberen Sprunggelenk, *Orthopäde* 18: 341-342, 1989.
65. Krämer K L: Scores, Bewegungsschemata und Klassifikationen in Orthopädie und Traumatologie, Thieme Verlag, Stuttgart/New York, 1993
66. Lahm A, Reichelt A: Das Meniskoidsyndrom des Sportlers am oberen Sprunggelenk, *Sportorthop - Sporttraumatol* 13 (1): 62-64, 1997.
67. Lobenhoffer P, Blauth M, Pohlemann T: Neue Entwicklungen in der Gelenkchirurgie, *Orthopäde* 26: 422-436, 1996.
68. Löfvenberg R, Kärrholm J: Influence of an ankle orthosis on the talar and calcaneal motions in chronic lateral instability of the ankle, *Am J Sports Med* 21, 1993.

69. Lohrer H, Alt W, Gollhofer A: Grundlagen und Therapie der lateralen Kapselbandruptur am oberen Sprunggelenk, Kongressband: Der Fuß im Sport, 57-62, 1997.
70. Lohrer H, Gollhofer A, Scheuffelen C, Grasmück J, Alt W: Präventive Aspekte im Leistungssport am Beispiel des Bewegungsapparates – Sprunggelenk-. Forschungsvorhaben des Bundesinstitutes für Sportwissenschaft, 1. Zwischenbericht –Juli 1995
71. Lohrer H, Grasmück J, Gollhofer A, Scheuffelen C, Alt W: Stabilschuh oder Brace - oder was? Zweites Baseler Symposium für Sportmedizin. Das Sprunggelenk im Sport II, Kongressband 1994.
72. Lohrer H, Scheuffelen C, Gollhofer A, Alt W: Der Bewegungsablauf und die Beanspruchung des Sprunggelenkes unter dynamischer Belastung in: Verdonck A, Wick M: Tagungsband Biokinetika: 111-120, 1994.
73. Lohrer H: Mittelfristige Ergebnisse operativ versorgter lateraler Kapselbandrupturen am oberen Sprunggelenk - ein Vergleich immobilisierender und funktioneller Nachbehandlung, Orthop Praxis 26: 675-679, 1990.
74. Ludolph E, Hierholzer G, Gretenkord K: Untersuchungen zur Anatomie und Röntgendiagnostik des fibularen Bandapparates am Sprunggelenk, Unfallchirurg 88: 245-249, 1985.
75. Ludolph E, Hierholzer G: Anatomie des Bandapparates am oberen Sprunggelenk, Orthopäde 15: 410-415, 1986.
76. Marder R: Current methods for the evaluation of ankle ligament injuries, J Bone Joint Surg 76 A (7): 1103-1111, 1994.
77. Martinek V, Oettl G, Imhoff A: Chondrale und osteochondrale Läsionen am oberen Sprunggelenk, Unfallchirurg 101: 468-475, 1998.
78. Müller – Felsch G: Isokinetisches Rehabilitationstraining bei operativ oder konservativ therapierten lateralen Kapselbandrupturen am oberen Sprunggelenk, Inaugural Dissertation, Februar 1997.
79. Nielsen A B, Yde J: An epidemiologic and traumatologic study of injuries in handball, Int J Sports Med 9: 341-344, 1988
80. Paar O, Bernett P: Die frische fibuläre Kapselbandruptur am oberen Sprunggelenk, Unfallheilkunde 87: 27-29, 1984.
81. Paar O, Kasperk R, Nachtkamp J: Zwingt die Durchführung einer gehaltenen Röntgenaufnahme des OSG bei frische fibularer Kapselbandläsion zur Operation? Sportverl - Sportschad 5: 99-102, 1991.
82. Paul B, Franke K, Heinrich A: Ergebnisse der primären und sekundären, operativen sowie der konservativen Behandlung von Bandverletzungen im Bereich des oberen Sprunggelenks, Med und Sport 23: 46-47, 1983.
83. Pförringer W, Stolz P: Die Behandlung der frischen fibularen Kapselbandläsion, Sportverl - Sportschad 5: 142-148, 1991.
84. Pinar H, Akseki D, Kovanlikaya I, Arac S, Bozkurt M: Bone bruises detected by magnetic resonance imaging following lateral ankle sprains, Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy 5: 113-117, 1997.
85. Povacz P, Unger F, Müller K, Tockner R, Resch H: A randomized, prospective study of operative and non - operative treatment of injuries of the fibular collateral ligaments of the ankle, J Bone Joint Surg 80 A (3): 345-351, 1998.
86. Prins J G: Diagnosis and Treatment of injury to the lateral ligament of the ankle. A comparative clinical study, Acta Chir Scand, Suppl 486, 1978.
87. Raatikainen T, Puranen J: Arthrography for diagnosis of acute lateral ligament injuries of the ankle, Am J Sports Med 21: 343-347, 1993.
88. Rappe B, Lohrer H, Gollhofer A, Alt, W: Ankle joint instability in Basketball: a complex biomechanical, clinical and radiological investigation, 16. International Symposium on Biomechanics in Sports Proceedings II , Konstanz, 1998.

89. Reber L, Perry J, Pink M: Muscular control of the ankle in running. *Am J Sports Med* 21: 805-810, 1993.
90. Renstroem P, Theis M: Die Biomechanik der Sprunggelenkbänder, *Sportverl - Sportschad* 7, Sonderheft 1: 29-35, 1993.
91. Renstroem P, Wertz M, Incavo S, Pope M, Ostgaard H C, Arms S, Haugh L: Strain in the lateral ligaments of the ankle, *Foot and Ankle* 9 (2): 59-63, 1988.
92. Roth A J, Anders J, Venbrocks R, Wentzel K: Diagnostische Bedeutung der Sprunggelenksbeweglichkeit im Sport, *Orthop Praxis* 7: 457-460, 1994.
93. Rubin G, Witten M: The talar-tilt angle and the fibular collateral ligaments. A method for the determination of talar tilt, *J Bone Joint Surg* 42 A: 311-326, 1960.
94. Ruth C J: The surgical treatment of injuries of the fibular collateral ligaments of the ankle, *J Bone Joint Surg* 43 A: 229-239, 1961.
95. Sachs L: *Statistische Methoden Planung und Auswertung*, 6. Auflage, 1988.
96. Sauer H D, Jungfer E, Jungbluth K H: Experimentelle Untersuchungen zur Reißfestigkeit des Bandapparates am menschlichen Sprunggelenk; *Hefte Unfallheilkunde* 131: 37-41, 1978.
97. Schenker M: Tape versus Mikros, *Physiotherapie* 12, 2,3: 97-104/175-180, 1991.
98. Scheuffelen C: Propriozeptives Training und Krafttraining bei der Prävention von Sprunggelenksverletzungen, in: *Präventive Aspekte im Leistungssport am Beispiel des Bewegungsapparates Sprunggelenk*, *BiSp-Zwischenbericht*: 22-44, 1995.
99. Scheuffelen C, Gollhofer A, Lohrer H: Coordination and / or strength training in prevention of acute ankle sprain in healthy subjects, in: *Kongreßband 15th Congress of international Society of Biomechanics*: 818 - 819, Jyväskylä / Finnland, 1995.
100. Scheuffelen C, Gollhofer A, Lohrer H: Neuartige funktionelle Untersuchungen zum Stabilisierungsverhalten von Sprunggelenksorthesen, *Sportverl - Sportschad*, 1 A: 30-36, 1993.
101. Scheuffelen C, Rapp W, Gollhofer A, Lohrer H: Orthotic devices in functional treatment of ankle sprain-stabilizing effects during real movements. *Int J Sports Med* 14: 140-149, 1993.
102. Schmitz R, Jäger E: Nutzen und Schaden operativer Therapie bei frischer fibulärer Außenbandruptur des OSG, *Akt Traumatol*, 22: 276-280, 1992.
103. Schmülling H, Weiß H: Operationsindikation bei Kapselbandverletzungen des oberen Sprunggelenkes, *Akt Traumatologie* 11: 151-155, 1981.
104. Segesser B, Jenoure P, Feinstein R, Vogt-Sartori S: Wirkung äußerer Stabilisationshilfen bei fibulärer Distorsion, *Med Orth Tech* 108: 82-93, 1988.
105. Segesser B, Stacoff A, Nigg B: Die Belastbarkeit der Sprunggelenke aus biomechanisch - klinischer Sicht; *Med und Sport* 23, 1-3, 9-13, 1983.
106. Seichert N: Elektrotherapie oder Elektromyothologie, *Krankengymnastik* 47: 480-488, 1995.
107. Seiler H, Trentz O: Untersuchungen zur Talusrollenform unter funktionellen Gesichtspunkten. In: Hackenbroch et al.: *Funktionelle Anatomie und Pathomechanik des Sprunggelenkes*, Thieme Verlag, Stuttgart – New York
108. Seiler H: Biomechanik des oberen Sprunggelenks, *Orthopäde* 15: 415-422, 1986.
109. Sheth P, Yu B, Laskowski E R, An K N: Ankle disk training influences reaction times of selected muscles in a simulated ankle sprain, *Am J Sports Med* 25 (4): 538-543, 1997
110. Shybut G T, White A A: Normal patterns of ligament loading among the lateral collateral ligaments of the human ankle joint, 29th annual ORS, Anaheim, California 1983.
111. Sommer H M, Arza D: Die konservative funktionelle Behandlung der fibulären Kapselbandruptur auch beim Leistungssportler? *Sportverl - Sportschad* 1: 25-29, 1987.
112. Sommer H M, Schreiber H: Die frühfunktionelle konservative Therapie der frischen fibulären Kapselbandruptur aus sozial - ökonomischer Sicht, *Sportverl - Sportschad* 7 1: 40-46, 1993.
113. Sommer H M, Steinbrück K: Videoanalysen bei Basketballern und Dreispringern in Sprung- und Landephase, *Institut für Sportwissenschaften, Heidelberg*

114. Spring R, Hardegger F: Die frische Ruptur der fibulotalaren Bänder. Operative Therapie und gipsfreie Nachbehandlung mit Spezienschuh, *Helv Chir Acta* 48: 709-712, 1981.
115. Stadelmayer B, Dauber A, Pelzl H: Operative oder konservative Therapie der Außenbandruptur am oberen Sprunggelenk?, *Unfallchirurgie* 18: 37-43, 1992.
116. Steinbrück K: Epidemiologie von Sportverletzungen. Eine 15 - Jahres - Analyse einer sportorthopädischen Ambulanz, *Sportverl - Sportschad* 1: 2-12, 1987.
117. Steinbrück K: Fibulotarsale Bandverletzungen beim Sportler, *Sportorthop - Sporttraumatol* 12 (1): 1-8, 1996.
118. Stormont D, Morrey B, An K N, Cass J: Stability of the loaded ankle, *Am J Sports Med* 13 (5): 295-300, 1985.
119. Stover C N: Air stirrup management of ankle injuries in an athlete, *Am J Sports Med* 8: 360-365, 1980.
120. Thermann H, Knop C, Zwipp H: Eine prospektiv randomisierte Studie zur Behandlung der wiederholten fibularen Bandruptur, *Wiesbadener Symposium: Der Fuß im Sport, Kongreßband:* 32-35, 1997
121. Thoma W, Bosch H J: Manueller Test zur Diagnostik fibularer Instabilitäten am oberen Sprunggelenk, *Orthop Praxis* 9:591-598, 1989.
122. Tittel : Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen, 12. Auflage, Fischer Verlag Jena, 1994.
123. Tropp H, Askling C, Gillquist J: Prevention of ankle sprains, *Am J Sports Med* 13: 259-262, 1985.
124. Tropp H, Askling C: Effects of ankle disc training on muscular strength and postural control, *Clin Biomechan* 3: 88-91, 1988.
125. Van Den Hoogenband C R, Van Moppens F I: Diagnostic and therapeutic aspects of inversion trauma of the ankle joint, *Thesis Maastricht*, 1982.
126. Verdonck A, Duesberg F: Möglichkeiten und Grenzen der isokinetischen Trainingssteuerung in der Sport - Rehabilitation. In: Spintge R, Droh R: *Schmerz und Sport*, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg: 239-245, 1988.
127. Weise K, Rupf G, Weinelt J: Die laterale Bandverletzung des OSG beim Sport, *Akt Traumatol* 18: 54-66, 1988.
128. Wirth C J, Küsswetter W, Jäger M: Biomechanik und Pathomechanik des oberen Sprunggelenks, *Hefte Unfallheilkunde* 131: 10-22, 1978.
129. Woo L Y S: Die Heilung des medialen Seitenbandes. *Sportverl - Sportschad* 7: 3-17, 1993.
130. Zwipp H, Tscherne H, Blauth M: Zur konservativen Behandlung der fibularen Bandruptur am oberen Sprunggelenk, *Unfallchirurg*, 88: 159-167, 1985.
131. Zwipp H, Oestern H J, Dralle W: Zur radiologischen Diagnostik der anterolateralen Rotationsinstabilität im oberen Sprunggelenk, *Unfallheilkunde*, 85:419-426, 1982.
132. Zwipp H, Tscherne H, Hoffmann R, Thermann H: Riß der Knöchelbänder : operative oder konservative Behandlung, *D Ä B* 85, 42: B 2019-2022, 1988.

## 8.2 Informationsblatt

### Sportmedizinisches Institut Frankfurt und Olympiastützpunkt Frankfurt

Dr. H. Lohrer

Jürgen Grasmück

### **VERBESSERUNG UND VERKÜRZUNG DER BEHANDLUNG DES BANDVERLETZTEN SPRUNGGELENKES NACH OPERATION UND BEI KONSERVATIVER THERAPIE**

#### **Informationsmerkblatt und Einverständniserklärung für Patienten**

Lieber Patient!

Im Rahmen eines Sportunfalles haben Sie sich die Außenbänder am oberen Sprunggelenk gerissen. Wir möchten Sie bitten, nach der Lektüre dieses Informationsblattes und nach Erörterung Ihrer Fragen mit Ihrem behandelnden Arzt, als Patient an einer Studie teilzunehmen.

Zum besseren Verständnis der notwendigen Untersuchungen, der Behandlungsmöglichkeiten und eventueller Komplikationen haben wir für Sie dieses **Aufklärungs- und Informationsblatt** entworfen.

#### **Sinn und Ziel der Untersuchung:**

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Behandlung gerissener Außenbänder am oberen Sprunggelenk mehrfach gewandelt. Alle möglichen Varianten der Behandlung (operativ - nicht operativ) und der Nachbehandlung (Gips - Bandagen) sind in der Zwischenzeit erprobt worden. Die Gipsbehandlung wird aufgrund vorliegender schlechter Ergebnisse nicht in diese Studie aufgenommen. Diese auch heute noch oft benutzte Behandlungsform findet man leider nicht all zu selten langfristig schmerzhaftes Bewegungseinschränkungen, deutlich reduzierte Muskelumfänge und resultierende Kapsel- und Bandschäden. Derartige Sprunggelenke sind in Beruf und im Sport deutlich reduziert belastbar. Eigene Voruntersuchungen zeigen, daß nach den oben genannten Behandlungsverfahren für etwa 12 Wochen Sport- und für etwa 16 Wochen Wettkampfunfähigkeit bestand.

Diese langen Sportpausen haben uns dazu veranlaßt, nach neuen Wegen zur Verkürzung der Nachbehandlung zu suchen.

Diese von uns entwickelte, verkürzte Nachbehandlung nach neuartigen krankengymnastisch - physiotherapeutischen Gesichtspunkten hat die vollständige, komplikationsfreie Ausheilung des bandverletzten Sprunggelenkes zum Ziel.

In Einzelfällen haben wir dabei bereits erreicht, die Sportler etwa 4 Wochen nach der Operation bzw. Verletzung wieder in das disziplinspezifische Training einzugliedern.

Die Behandlungsergebnisse, das heißt vor allem die langfristige Stabilität des Sprunggelenkes scheint sich dabei nicht zu verschlechtern.

Nach unseren Erfahrungen bieten sich vier verschiedene, sinnvolle Behandlungsverfahren an. Diese Studie soll prüfen, ob die vier Behandlungsmöglichkeiten gleichwertig sind, oder ob ein Verfahren den Anderen hinsichtlich seiner Tauglichkeit für den Sport überlegen ist.

Die langfristige Entwicklung des bandverletzten Sprunggelenkes, vor allem die funktionelle und mechanische Stabilität soll dabei besonders berücksichtigt werden.

Bisher vorliegende Studien belegen, daß mit jeder dieser benutzten Behandlungsweisen vergleichbar gute Ergebnisse erzielt werden können. Die Analyse der bisher gebräuchlichen Behandlungskonzepte zeigt, daß konsequente physiotherapeutische Behandlung in den meisten Fällen aber nicht erfolgte.

Erhebliche Kraftdefizite der sprunggelenkstabilisierenden Muskulatur waren dabei die Regel, die Wahrscheinlichkeit, erneut umzuknicken, erhöht sich durch diesen Umstand drastisch.

Deshalb haben wir ein neuartiges, physiotherapeutisches Behandlungsprogramm erarbeitet, ein spezieller Kraftaufbau ist darin enthalten. Begonnen werden kann bereits am ersten Tag nach der Verletzung bzw. der Operation.

### **Behandlungsmöglichkeiten:**

- A = Operation und Adipromed-super Stabilschuh
- B = Operation und Aircast - Knöchelschiene
- C = Adipromed-super Stabilschuh ohne Operation
- D = Aircast - Knöchelschiene ohne Operation

Sollten Sie eine ganz bestimmte Therapieform wünschen, wird diese - sofern keine ärztlichen Gegenanzeigen bestehen - wunschgemäß durchgeführt. Sie nehmen dann aber nicht mehr an der Studie teil.

Sollten Sie sich aber entschließen, an der Studie teilzunehmen, dann haben weder Sie, noch Ihr behandelnder Arzt Einfluß auf die Zuteilung zur Behandlungsgruppe, eine Wahlmöglichkeit besteht also in diesem Falle nicht, die Wahl des Behandlungsverfahrens geschieht per Los.

### **Komplikationsmöglichkeiten sowie Vor- und Nachteile der Behandlungsverfahren:**

Sollten im Verlauf der Studie Komplikationen bei einer der oben erwähnten Maßnahmen auftreten, besteht jederzeit die Möglichkeit, diese entsprechend zu versorgen. Bandauslockerungen im Verlauf können beispielsweise (erneut) operativ stabilisiert werden.

### **Operatives Vorgehen:**

Vorteile:

- Nur örtliche Betäubung, da eine ambulante Operation ohne Krankenhausaufenthalt durchgeführt wird,
- Naht der Bänder und der Kapsel und dadurch sichere Adaptation
- Frühfunktionelle Therapie.

Nachteile:

- Allergie bei örtlicher Betäubung in seltenen Fällen möglich.
- Thrombosen und Embolien.
- Weichteil- und Gelenkinfektion (Risiko circa 1:1000), Wundheilungsstörungen.
- Wetterfühligkeit.
- Narbenschmerzen, Nervenirritation z.T. bleibend.
- Wundschmerzen bis einige Tage nach der Operation.
- Bluterguß durch Heparinspritzen (Thromboseschutz) in der Bauchdecke.
- Postoperative Einschränkung der Gelenkbeweglichkeit.

**Adimed - Stabilschuh und Aircast - Knöchelschiene:**

## Vorteile:

- Narbenbildung im Kapselbandbereich beim konservativen Vorgehen.
- Einfache, ambulante Behandlung ohne Krankenhausaufenthalt.
- Kein Infektionsrisiko beim konservativen Vorgehen.
- Frühfunktionelle Therapie mit geringer Gelenkeinstellung und Muskelschwund
- Keine Thromboseprophylaxe

## Nachteile:

- Thrombosen und Embolien (bisher noch nicht beobachtet).
- Druckstellen im Narbenbereich durch die Kunststoffschiene oder die Führungsstäbe im Adipromed-super Stabilschuh.

**Zusätzliche Belastungen durch die Teilnahme an der Studie:**

- Jeweils 2 weitere Röntgenaufnahmen in der 12. Woche und nach einem Jahr.
- Tägliche Anreise zur Physiotherapie ins SMI Frankfurt innerhalb der ersten 4 Behandlungswochen (mindestens 3 mal pro Woche).
- Konsequentes Tragen der Aircast Knöchelschiene auch nachts.
- Bei konservativer Therapieform mit dem Adipromed-super Stabilschuh erfolgt eine zusätzliche Anfertigung einer Gipsschiene für die Nachtversorgung.

**Praktischer Ablauf:**

1. Ärztliche Untersuchung des verletzten Sprunggelenkes und des gesunden zum Vergleich und Besprechung der Behandlungsmöglichkeiten.
2. Röntgenuntersuchung des verletzten Sprunggelenkes in gehaltener Aufnahme, gegebenenfalls unter Lokalanästhesie.
3. Je nach klinischem Befund ggf. auch gehaltene Röntgenaufnahme des unverletzten Sprunggelenkes.
4. Nach Vorliegen aller Befunde erneutes Arzt-/Patientengespräch und bei Einverständnis der Teilnahme nach Auslosung Mitteilung der Behandlungsform.
5. Nach Einverständnis des Patienten Festlegung der Behandlungs- und der Nachuntersuchungstermine.
6. Erläuterung der Operation bzw. der konservativen Therapie. Für die operativen Gruppen ambulante Operation in einer chirurgischen Facharztpraxis in Hofheim am Main. Postoperative Versorgung mit einer Gipsschiene, bei konservativer Therapie mit dem Adipromed-super Stabilschuh ebenfalls Anfertigung einer Gipsschiene für die Nachtversorgung.
7. Für die ersten Tage nach Operation niedrigdosierte, gerinnungshemmende Heparinbehandlung zum Schutz vor Thrombosen.
8. Postoperativ täglich ärztlicher Verbandswechsel, Entfernung der Wundfäden nach Wundheilung circa am 10. Tag postoperativ.
9. Für alle Gruppen möglichst tägliche spezifische physiotherapeutische Behandlung im Sportmedizinischen Institut Frankfurt insgesamt für vier Wochen Dauer.
10. Weitere ärztliche Kontrollen nach 4, 6, 12 Wochen, nach 6 Monaten und einem Jahr.
11. Ausführliche Nachuntersuchungen werden nach der 6. und 12. Woche, nach dem 6. Monat und nach einem Jahr durchgeführt.
  - Nach 6 Wochen Kraftmeßtest und Balance - Stabilisations- Propriozeptionstest.
  - Nach 12 Wochen Röntgenkontrolle.
  - Nach 6 Monaten Kraftmeßtest, Balance - Stabilisations- Propriozeptionstest und Sprungkrafttest.

Nach einem Jahr Röntgenkontrolle und Sprungkrafttest.

Wir werden Sie dann schriftlich oder telefonisch einbestellen. Unklarheiten oder spezielle Fragen können Sie jederzeit oder zu den Nachuntersuchungsterminen mit Ihrem behandelnden Arzt besprechen.

**Voraussetzung zur Teilnahme an der Studie:**

- Erstunfall, d.h. der Fuß darf vorher keine Bandverletzung gehabt haben
- Sportunfall
- Leistungssportler (Kaderathlet oder regelmäßiger Wettkampfsport)
- Röntgenologisch sicherer Außenbandriß (in der röntgenologischen Stabilitätsprüfung definitionsgemäß 7°/7mm Taluskipfung/Talusvorschub oder 5°/5mm Seitendifferenz)
- Alter  $\geq$  12 Jahre
- Wenn bei Ihnen trotz der traumatischen akuten Instabilität des oberen Sprunggelenks
  - Knorpelschäden
  - Vorbestehende Arthrose des OSG
  - internistische Begleitkrankheitennachgewiesen werden, können Sie nicht an der Studie teilnehmen

**Ärztlich - ethische Vertretbarkeit der Studie:**

Die Durchführung dieser Studie wurde von der Ethikkommission der Landesärztekammer Hessen nach eingehender Überprüfung aller Kriterien genehmigt.

Dr. med. Heinz Lohrer  
Jürgen Grasmück

**Einverständniserklärung:**

Hiermit erkläre ich mich einverstanden, an der Studie teilzunehmen, die Wahl der Behandlungsmethode geschieht dabei per Los.

Ich bin bereit, zu der in der 6. und 12. Woche, sowie der im 6. Monat und nach dem ersten Jahr stattfindenden Nachuntersuchung zu erscheinen.

Es bestehen keine Unklarheiten mehr über den Studienablauf, die Nachbehandlung und die Nachuntersuchungen, die einzelnen Behandlungsmöglichkeiten wurden eingehend besprochen.

Ich habe die Möglichkeit, mich jederzeit von meiner Einwilligung zurückzuziehen, ohne daß für mich Nachteile in der weiteren Behandlung entstehen.

Eine Kopie der Einverständniserklärung habe ich auf Wunsch erhalten.

Unterschrift des Patienten bzw. des Erziehungsberechtigten.

Unterschrift des Arztes/Untersuchers.

### 8.3 Untersuchungsbogen

#### Sprunggelenk - Studien - Untersuchungsbogen

BOGEN 1

Patientenangaben

Gruppenzugehörigkeit:

- A = Operation und Adimed - Stabilschuh
- B = Operation und Aircast - Knöchelschiene
- C = Adimed - Stabilschuh ohne Operation
- D = Aircast - Knöchelschiene ohne Operation

Patientenziffer:

Geschlecht:

- 1 = weiblich
- 2 = männlich

Geburtsdatum:

Verletztes OSG:

- 1 = rechts
- 2 = links

Unfalltag:

Unfallzeit:

Unfallhergang in Stichpunkten:

Behandlungsbeginn:

Datum der Erstuntersuchung:

Wie war der Schmerzverlauf nach dem Umknicken bei Fußbelastung?

- 1 = sofortiger und bis jetzt andauernder Schmerz
- 2 = sofortiger, dann abklingender und wiederkehrender Schmerz
- 3 = anfangs kein Schmerz, der jedoch später einsetzte
- 4 = sofortiger Schmerz, der dann abgeklungen ist
- 5 = überhaupt kein Schmerz

Sportart:

- 1 = Turnen, Trampolin
- 2 = Leichtathletik
- 3 = Basketball
- 4 = Volleyball
- 5 = Handball
- 6 = Fußball
- 7 = Tennis, Squash, Badminton
- 8 = Judo, Ringen
- 9 = sonstiger Sport

## BOGEN 2

## Klinischer Befund

Patientenziffer:

Gehfähigkeit:

- 1 = gut gehfähig
- 2 = eingeschränkt gehfähig
- 3 = gehunfähig

Aktiver Funktionsschmerz:

1 = nein

2 = ja

- in Flexion
- in Extension
- in Supination
- in Pronation

Passiver Funktionsschmerz:

1 = nein

2 = ja

- Pronations - Eversionsschmerz
- Gelenkkompressionsschmerz
- Druckschmerz

Palpationsschmerz:

- 1 = Vorderes Syndesmosenband
- 2 = FTA fibularer Ansatz
- 3 = FTA talarer Ansatz
- 4 = FC fibularer Ansatz
- 5 = FC calcaneärer Ansatz
- 6 = Sinus tarsi
- 7 = Lig. bifurcatum
- 8 = Lig. calcaneocuboidale
- 9 = Prox. Retinaculum peronei
- 10 = Distale Fibulaepiphyse

Instabilitätstest:

1 = 1+ Instabilität (  $\leq 5$  mm/° )

2 = 2+ Instabilität ( 6-10 mm/° )

3 = 3+ Instabilität (  $> 10$  mm/° )

- |                         |     |
|-------------------------|-----|
| Talusvorschubverletztes | OSG |
| Taluskippung verletztes | OSG |
| Talusvorschubgesundes   | OSG |
| Talusvorschubgesundes   | OSG |

Instabilitätsbeurteilung:

1 = leicht

2 = mittel

3 = schwer

Hämatom:

1 = kein

2 = leicht

3 = stark

Schwellung:

Umfang in cm Ferse/Rist:

gesundes OSG

verletztes OSG

1 = nein

2 = ja

BOGEN 3

Radiologischer Status

Patientenziffer:

Untersuchungsdatum:

Gehaltene Röntgenaufnahme:

1 = ohne Lokalanästhesie

2 = mit Lokalanästhesie

3 = von Hand gehaltene Aufnahme

Talusvorschub in mm:

gesundes OSG

verletztes OSG

5mm bei 5mm Seitendifferenz

6mm bei 5mm Seitendifferenz

7mm

8mm

9mm

10mm

11mm

12mm

Taluskipfung in °:

gesundes OSG

verletztes OSG

5° bei 5° Seitendifferenz

6° bei 5° Seitendifferenz

7°

8°

9°

10°

11°

12°

BOGEN 4

Operationsbefund

Patientenziffer:

Gruppenzugehörigkeit:

A = Operation und Adimed - Stabilschuh

B = Operation und Aircast - Knöchelschiene

Operationsdatum:

Lig. fibulotalare anterius:

Rupturform:

Rupturart:

Rupturort:

Lig. Fibulocalcaneare:

Rupturform:

Rupturart:

Rupturort:

Lig. fibulotalare posterius:

Rupturform:

Rupturart:

Rupturort:

SCHLÜSSEL 1:

Rupturform: 1 = nicht rupturiert  
 2 = partiell rupturiert  
 3 = rupturiert

Rupturart: 1 = intraligamentär  
 2 = periostal  
 3 = osteochondral/ossär

Rupturort: 1 = fibular  
 2 = talar  
 3 = calcaneär

Intraoperative Exploration: a) anterolaterale Kapsel rupturiert?  
 b) vorderes Syndesmosenband rupturiert?  
 c) Gelenkbinnenraum verletzt?  
 d) alter knöcherner Bandausriss?  
 e) Peronealsehnenscheide verletzt?

SCHLÜSSEL 2:

1 = nein

2 = ja

3 = teilweise

BOGEN 5

Klinischer Nachuntersuchungsbefund 1 (6 Wochen)

Patientenziffer:

Untersuchungsdatum:

Objektive Befunde:

Instabilität:

bei Talusvorschub:	verletztes	gesundes OSG
bei Taluskippung:	verletztes	gesundes OSG
1 = stabil/0		
2 = leicht instabil/1+		
3 = deutlich instabil/2+		
4 = schwer instabil/3+		

Beweglichkeit:

Dorsalextensionsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 5°
- 3 = 5-10°
- 4 = über 10°

Plantarflektionsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 10°
- 3 = 10-20°
- 4 = über 20°

Pronationsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 5°
- 3 = 5-10°
- 4 = über 10°

Supinationsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 5°
- 3 = 5-10°
- 4 = über 10°

Schwellung:	Umfang in cm Ferse/Rist:	gesundes OSG
		verletztes OSG

- 1 = nein
- 2 = ja

## BOGEN 6

## Klinischer Nachuntersuchungsbefund 1

Subjektive Befunde:

Umknicken im Zeitraum der letzten Untersuchung:                      Wenn ja, wobei?

- 1 = keinmal
- 2 = 1-2 mal
- 3 = ca. 1mal im Monat
- 4 = mehrmals im Monat

Unsicherheitsgefühl beim Gehen:

- 1 = nein
- 2 = ja

Angst vor dem Umknicken:

- 1 = nein
- 2 = ja

Wenn ja, wann?

Einschränkung beim Sport:

- 1 = nein
- 2 = gering
- 3 = erheblich

Wenn ja, wobei und welche?

Schmerzgefühle:

- 1 = keine
- 2 = Belastungsschmerz
- 3 = Wetterfühligkeit
- 4 = Narbenirritation
- 5 = Dysästhesien
- 6 = Dauerschmerz

Oder anderer Schmerz?

Schmerzbeurteilung:

- 1 = kein
- 2 = leicht
- 3 = mittel
- 4 = stark
- 5 = sehr stark
- 6 = unerträglich

Patientenurteil:

nach Noten 1-6 über die Stabilität:

nach Noten 1-6 über den gesamten Heilungs- und Behandlungsverlauf:

Würden Sie die gleiche Therapie wiederholen?

- 1 = nein
  - 2 = ja
- warum?

Wie lange bestand Arbeits- bzw. Schulunfähigkeit (in Tagen)?

BOGEN 7

Sportphysiologischer Befund 1 (6 Wochen)

Patientenziffer:

Untersuchungsdatum:

Kraftumsetzung im Kin Com:

gesundes OSG

verletztes OSG

Dorsalextension (Nm max. Drehmoment)

Plantarflektion (Nm max. Drehmoment)

Balancetest mit Kippbrett: (in sec. bei 3 Versuchen)

gesundes OSG

verletztes OSG

Brett 1 (diagonal):

Brett 2 (vertikal):

BOGEN 8

Klinischer Nachuntersuchungsbefund 2 (12 Wochen)

Patientenziffer:

Untersuchungsdatum:

Objektive Befunde:

Instabilität:

bei Talusvorschub:	verletztes	gesundes OSG
bei Taluskippung:	verletztes	gesundes OSG
1 = stabil/0		
2 = leicht instabil/1+		
3 = deutlich instabil/2+		
4 = schwer instabil/3+		

Beweglichkeit:

Dorsalextensionsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 5°
- 3 = 5-10°
- 4 = über 10°

Plantarflexionsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 10°
- 3 = 10-20°
- 4 = über 20°

Pronationsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 5°
- 3 = 5-10°
- 4 = über 10°

Supinationsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 5°
- 3 = 5-10°
- 4 = über 10°

Schwellung:	Umfang in cm Ferse/Rist:	gesundes OSG
		verletztes OSG

- 1 = nein
- 2 = ja

## BOGEN 9

## Klinischer Nachuntersuchungsbefund 2

Subjektive Befunde:

Umknicken im Zeitraum der letzten Untersuchung:                      Wenn ja, wobei?

- 1 = keinmal
- 2 = 1-2 mal
- 3 = ca. 1mal im Monat
- 4 = mehrmals im Monat

Unsicherheitsgefühl beim Gehen:

- 1 = nein
- 2 = ja

Angst vor dem Umknicken:

Wenn ja, wann?

- 1 = nein
- 2 = ja

Einschränkung beim Sport:

Wenn ja, wobei und welche?

- 1 = nein
- 2 = gering
- 3 = erheblich

Schmerzgefühle:

Oder anderer Schmerz?

- 1 = keine
- 2 = Belastungsschmerz
- 3 = Wetterfühligkeit
- 4 = Narbenirritation
- 5 = Dysästhesien
- 6 = Dauerschmerz

Schmerzbeurteilung:

- 1 = kein
- 2 = leicht
- 3 = mittel
- 4 = stark
- 5 = sehr stark
- 6 = unerträglich

Patientenurteil:

nach Noten 1-6 über die Stabilität:

nach Noten 1-6 über den gesamten Heilungs- und Behandlungsverlauf:

Bemerkungen:

BOGEN 10                      Radiologischer Nachuntersuchungsbefund 1 (12 Wochen)

Patientenziffer:

Untersuchungsdatum:

Gehaltene Röntgenaufnahme:

1 = ohne Lokalanästhesie

2 = mit Lokalanästhesie

Talusvorschub in mm:

5mm bei 5mm Seitendifferenz

6mm bei 5mm Seitendifferenz

7mm

8mm

9mm

10mm

11mm

12mm...

Taluskipfung in °:

5° bei 5° Seitendifferenz

6° bei 5° Seitendifferenz

7°

8°

9°

10°

11°

12°

Arthrosezeichen:

1 = nicht vorhanden

2 = leicht

3 = deutlich

BOGEN 11

Klinischer Nachuntersuchungsbefund 3 (6 Monate)

Patientenziffer:

Untersuchungsdatum:

Objektive Befunde:

Instabilität:

bei Talusvorschub:	verletztes	gesundes OSG
bei Taluskippung:	verletztes	gesundes OSG
1 = stabil/0		
2 = leicht instabil/1+		
3 = deutlich instabil/2+		
4 = schwer instabil/3+		

Beweglichkeit:

Dorsalextensionsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 5°
- 3 = 5-10°
- 4 = über 10°

Plantarflexionsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 10°
- 3 = 10-20°
- 4 = über 20°

Pronationsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 5°
- 3 = 5-10°
- 4 = über 10°

Supinationsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 5°
- 3 = 5-10°
- 4 = über 10°

Schwellung:	Umfang in cm Ferse/Rist:	gesundes OSG
		verletztes OSG

- 1 = nein
- 2 = ja

BOGEN 12

Klinischer Nachuntersuchungsbefund 3

Subjektive Befunde:

Umknicken im Zeitraum der letzten Untersuchung:                      Wenn ja, wobei?

- 1 = keinmal
- 2 = 1-2 mal
- 3 = ca. 1mal im Monat
- 4 = mehrmals im Monat

Unsicherheitsgefühl beim Gehen:

- 1 = nein
- 2 = ja

Angst vor dem Umknicken:

Wenn ja, wann?

- 1 = nein
- 2 = ja

Einschränkung beim Sport:

Wenn ja, wobei und welche?

- 1 = nein
- 2 = gering
- 3 = erheblich

Schmerzgefühle:

Oder anderer Schmerz?

- 1 = keine
- 2 = Belastungsschmerz
- 3 = Wetterfühligkeit
- 4 = Narbenirritation
- 5 = Dysästhesien
- 6 = Dauerschmerz

Schmerzbeurteilung:

- 1 = kein
- 2 = leicht
- 3 = mittel
- 4 = stark
- 5 = sehr stark
- 6 = unerträglich

Patientenurteil:

nach Noten 1-6 über die Stabilität:

nach Noten 1-6 über den gesamten Heilungs- und Behandlungsverlauf:

Bemerkungen:

BOGEN 13

Sportphysiologischer Befund 2 (6 Monate)

Patientenziffer:

Untersuchungsdatum:

Kraftumsetzung im Kin Com:

gesundes OSG

verletztes OSG

Dorsalextension (Nm max. Drehmoment)

Plantarflektion (Nm max. Drehmoment)

Balancetest mit Kippbrett: (in sec. bei 3 Versuchen)

gesundes OSG

verletztes OSG

Brett 1 (diagonal):

Brett 2 (vertikal):

Sprungkrafttest

Sprunghöhe : (in cm bei jeweils 3 Sprungversuchen)

gesundes OSG

verletztes OSG

Sprung aus beliebiger Vorspannung (Counter movement jump)

Sprung aus definierter Vorspannung (Squat jump)

BOGEN 14

Klinischer Nachuntersuchungsbefund 4 (12 Monate)

Patientenziffer:

Untersuchungsdatum:

Objektive Befunde:

Instabilität:

bei Talusvorschub:	verletztes	gesundes OSG
bei Taluskippung:	verletztes	gesundes OSG
1 = stabil/0		
2 = leicht instabil/1+		
3 = deutlich instabil/2+		
4 = schwer instabil/3+		

Beweglichkeit:

Dorsalextensionsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 5°
- 3 = 5-10°
- 4 = über 10°

Plantarflexionsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 10°
- 3 = 10-20°
- 4 = über 20°

Pronationsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 5°
- 3 = 5-10°
- 4 = über 10°

Supinationsdefizit:

- 1 = nein
- 2 = unter 5°
- 3 = 5-10°
- 4 = über 10°

Schwellung:	Umfang in cm Ferse/Rist:	gesundes OSG	verletztes OSG
1 = nein			
2 = ja			

BOGEN 15

Klinischer Nachuntersuchungsbefund 4

Subjektive Befunde:

Umknicken im Zeitraum der letzten Untersuchung:                      Wenn ja, wobei?

- 1 = keinmal
- 2 = 1-2 mal
- 3 = ca. 1mal im Monat
- 4 = mehrmals im Monat

Unsicherheitsgefühl beim Gehen:

- 1 = nein
- 2 = ja

Angst vor dem Umknicken:

Wenn ja, wann?

- 1 = nein
- 2 = ja

Einschränkung beim Sport:

Wenn ja, wobei und welche?

- 1 = nein
- 2 = gering
- 3 = erheblich

Schmerzgefühle:

Oder anderer Schmerz?

- 1 = keine
- 2 = Belastungsschmerz
- 3 = Wetterfühligkeit
- 4 = Narbenirritation
- 5 = Dysästhesien
- 6 = Dauerschmerz

Schmerzbeurteilung:

- 1 = kein
- 2 = leicht
- 3 = mittel
- 4 = stark
- 5 = sehr stark
- 6 = unerträglich

Patientenurteil:

nach Noten 1-6 über die Stabilität:

nach Noten 1-6 über den gesamten Heilungs- und Behandlungsverlauf:

Bemerkungen:

BOGEN 16                      Radiologischer Nachuntersuchungsbefund 2 (12 Monate)

Patientenziffer:

Untersuchungsdatum:

Gehaltene Röntgenaufnahme:

1 = ohne Lokalanästhesie

2 = mit Lokalanästhesie

Talusvorschub in mm:

5mm bei 5mm Seitendifferenz

6mm bei 5mm Seitendifferenz

7mm

8mm

9mm

10mm

11mm

12mm...

Taluskipfung in °:

5° bei 5° Seitendifferenz

6° bei 5° Seitendifferenz

7°

8°

9°

10°

11°

12°

Arthrosezeichen:

1 = nicht vorhanden

2 = leicht

3 = deutlich

BOGEN 17

Sportphysiologischer Befund 3 (12 Monate)

Patientenziffer:

Untersuchungsdatum:

Sprungkrafttest      Sprunghöhe : (in cm bei jeweils 3 Sprungversuchen)

gesundes OSG

verletztes OSG

Sprung aus beliebiger Vorspannung (Counter movement jump)

Sprung aus definierter Vorspannung (Squat jump)

## 8.4 Übungsprogramm

### Sprunggelenk – Studie

#### Übungsprogramm 4. bis 6. Woche

Dauer des Übungsprogrammes ca. 45-60 Minuten täglich.

Alle Übungen sind mit dem verletzten und unverletzten Bein durchzuführen.

Bei Reizung, Schwellung, Schmerz oder erneutem Umknicken soll sofortige Vorstellung im SMI erfolgen.

1. Zehenanrollen vorwärts (3 mal 1 Minute)
2. Standbeinstabilisationsübung (3 mal 15 Schwünge)
3. Mobilisation und Kräftigung
  - Ferse im Einbeinstand mit gestrecktem Knie anheben (3 mal 15 Wiederholungen)
  - Ferse im Einbeinstand mit gebeugtem Knie anheben (3 mal 15 Wiederholungen)
4. Wadendehnung bis zum Dehnschmerz mit der Ferse langsam in Bodenrichtung
  - Mit gestrecktem Knie (3 mal 15 Sekunden)
  - Mit gebeugtem Knie (3 mal 15 Sekunden)
  - Achtung: Keine Überdehnung nach unten!
5. Treppengang mit Orthese, jeweils 30 mal eine Stufe vor und zurück
  - Vorwärts
  - Rückwärts
6. Kontrollierte Sprungbelastungen in ausgeruhtem Zustand mit Orthese
  - Koordinative Sprünge 10 cm weit, 20 mal jeweils rechts und links und 20 mal jeweils vorwärts und rückwärts
  - Hochsprünge in der 4. Woche 10-20 cm
    - Seilspringen
    - Kniehebelauf
    - Anfersen
    - Hopslerlauf
    - Beidbeinige Sprünge auf schräge Ebenen / Kastenoberteil bis 20 cm Höhe
  - Hochsprünge in der 5. Woche 20-30 cm
    - Wie in der 4. Woche, zusätzlich Grätschsprünge
    - Seitsteps
    - Einbeinige Sprünge unter Gewichtsreduktion
    - Beidbeinige Sprünge auf schräge Ebenen / Kastenoberteil bis 30 cm Höhe
  - Hochsprünge in der 6. Woche 30-40 cm
    - Wie in der 4. Und 5. Woche, zusätzlich Zick – Zack - Lauf
    - Beinüberkreuzlauf seitwärts
    - Beidbeinige Sprünge auf schräge Ebenen / Kastenoberteil bis 40 cm Höhe
7. Lockerer Dauerlauf mit Orthese 15 Minuten täglich oder 30 Minuten alle 2 Tage
  - Nur auf festem Boden wie Teer, Kunststoff oder Halle, nicht auf Waldboden
8. Fahrradfahren mit Orthese ohne Pedalschnalle oder Clickpedal

### **Sportartspezifisches Training 4. bis 6. Woche**

Wiederaufnahme der sportartspezifischen und konditionellen Trainingsbelastung in der 4. Woche mit folgenden Ausnahmen:

#### **VERBOT VON**

- Wettkampfnahen Sprung- und Landebelastungen (z. B. Korbleger beim Basketball, Absprung im Weit- oder Hochsprung, Schmetterschlag oder Block beim Volleyball)
- Zu hohen Beschleunigungen (auch Abbremsen!) und Geschwindigkeiten im Sprint
- Unkontrolliertem, aggressivem Gegnerkontakt (z. B. im Judo, Ringen, Block beim Volleyball, Gegnerkontakt beim Fußball)
- Unkontrollierten Seitwärts- oder Rotationsbewegungen (z. B. im Judo, Ringen, bei Ball- und Racketsportarten)
- Maximaler Spitzfußbelastung (z. B. beim Schuß oder Preßschlag im Fußball)

Das Training soll bis zur 1. Nachuntersuchung in der 6. Woche immer mit der Orthese durchgeführt werden.

Auch im Alltag und nachts soll die Orthese (oder die alternative Gippschiene) weiter getragen werden.

Nach der 1. Nachuntersuchung in der 6. Woche soll ohne Orthese trainiert werden.

Dauer des Trainings nach jeweiligem Trainingsplan zu gestalten, tägliches Training möglich.  
Bei Reizung, Schwellung, Schmerz oder erneutem Umknicken soll sofortige Vorstellung im SMI erfolgen.

## 8.5 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gruppeneinteilung .....	32
Tabelle 2: Übersicht der Untersuchungsgänge .....	37
Tabelle 3: Verteilung der Patienten.....	40
Tabelle 4: Verteilung innerhalb der Gruppen.....	40
Tabelle 5: Verletzungsverteilung der Sportarten.....	41
Tabelle 6: Druckschmerzhafte Palpationspunkte .....	42
Tabelle 7: Ergebnisse der klinischen Stabilitätsprüfung.....	42
Tabelle 8: Schwellungszustand vor Therapie.....	43
Tabelle 9: Prätherapeutische radiologische Stabilitätsuntersuchung .....	43
Tabelle 10: Intraoperativer Befund .....	44
Tabelle 11: Klinische Instabilität 1A - 6 Wochen.....	45
Tabelle 12: Klinische Instabilität 1 B – 6 Wochen.....	45
Tabelle 13: Schwellungszustand 1. Nachuntersuchung - Seitendifferenz.....	46
Tabelle 14: Maximales isokinetisches Drehmoment (60°/sec) 1 A – 6 Wochen.....	49
Tabelle 15: Maximales isokinetisches Drehmoment (60°/sec) 1 B – 6 Wochen .....	49
Tabelle 16: Balancetest 1 A – 6 Wochen.....	50
Tabelle 17: Balancetest 1 B – 6 Wochen .....	50
Tabelle 18: Klinische Instabilität 2 A – 12 Wochen .....	51
Tabelle 19: Klinische Instabilität 2 B – 12 Wochen .....	52
Tabelle 20: Radiologische Meßwerte 1 - 12 Wochen.....	54
Tabelle 21: Stabilitätsgewinn 1 - 12 Wochen.....	55
Tabelle 22: Radiologische Meßwerte 2 - 12 Wochen.....	55
Tabelle 23: Stabilitätsgewinn 2 - 12 Wochen.....	55
Tabelle 24: Klinische Instabilität 3 – 6 Monate.....	57
Tabelle 25: Maximales Isokinetisches Drehmoment 2 A – 6 Monate .....	60
Tabelle 26: Maximales Isokinetisches Drehmoment 2 B - 6 Monate .....	60
Tabelle 27: Differenz Drehmoment A- 6 Wochen und 6 Monaten.....	61
Tabelle 28: Balancetest 2 A - 6 Monate.....	62
Tabelle 29: Balancetest 2 B - 6 Monate .....	62
Tabelle 30: Differenz Balancetest – 6 Wochen und 6 Monate .....	62
Tabelle 31: Sprungkrafttest 1 - 6 Monate .....	63
Tabelle 32: Klinische Instabilität 4 – 12 Monate .....	64
Tabelle 33: Entwicklung Schwellungszustand (Seitendifferenz).....	65
Tabelle 34: Radiologische Meßwerte 1 - 12 Monate.....	67
Tabelle 35: Stabilitätsgewinn 1 - 12 Monate – Differenz zu 12 Wochen.....	67
Tabelle 36: Gesamtstabilitätsgewinn 1 - 12 Monate.....	67
Tabelle 37: Radiologische Meßwerte 2 -12 Monate .....	68
Tabelle 38: Stabilitätsgewinn 2 - 12 Monate – Differenz zu 12 Wochen.....	68
Tabelle 39: Gesamtstabilitätsgewinn 2 - 12 Monate.....	68
Tabelle 40: Sprungkrafttest 2 A - 12 Monate .....	69
Tabelle 41: Differenz der Sprungkrafttests 1 – 6 und 12 Monate .....	70
Tabelle 42: Sprungkrafttest 2 B - 12 Monate .....	70
Tabelle 43: Differenz der Sprungkrafttests 2 – 6 und 12 Monate .....	70
Tabelle 44: Arbeitsunfähigkeitszeiten.....	74
Tabelle 45: Gruppeneinteilung von Zwipp und Anteil stabiler Sprunggelenke .....	75
Tabelle 46: Stabilitätseinteilung der eigenen Gruppen modifiziert nach Zwipp.....	75
Tabelle 47: Radiologischer Vergleich der Studien.....	76
Tabelle 48: Subjektive Untersuchungsparameter .....	81
Tabelle 49: Scoreauswertung nach Povacz (85).....	82

## 8.5 Danksagung

Für ihren Anteil am Zustandekommen dieser Arbeit bedanke ich mich bei folgenden Personen

- Herrn Privat Dozent Dr. Jürgen Mockwitz für die Überlassung des Promotionsthemas
- Herrn Dr. Heinz Lohrer für die zündenden Ideen, die persönliche Betreuung die Geduld bis zum Zustandekommen der Arbeit und die Überarbeitung der Promotion
- Herrn Privat Dozent Dr. Wilfried Alt für die Beratung in wissenschaftlicher Statistik
- Dem Team der Physiotherapie des Sportmedizinischen Institutes Frankfurt / Main für die erfolgreiche Arbeit mit den Athleten
- Allen Athleten für die Teilnahme an dieser Studie

Und ganz besonderer Dank gilt meiner Frau:

- Birgit Grasmück für die zahllosen Stunden vor dem Computer, für ihre Liebe und für die Zeit, die sie ohne mich verbringen mußte, während ich vor meiner Dissertation saß.

## 8.6 Lebenslauf

### Persönliche Angaben:

**Name:** Jürgen Grasmück  
**Geburtsdatum:** 05.02.66  
**Geburtsort:** in Offenbach/Main  
**Familienstand:** verheiratet seit 1996  
 mit Birgit Grasmück, geb. Nitsche,  
 2 Kinder

### Schulbildung:

1972 bis 1976 Grundschule  
 1976 bis 1978 Förderstufe  
 1978 bis 1985 Gymnasium  
 1985 Abitur an der Adolf – Reichwein - Schule  
 in Heusenstamm  
 Durchschnittsnote 1,40  
 Großes Latinum

### Wehrdienst:

1985 bis 1986 Sportfördergruppe Köln

### Hochschulausbildung:

1987 bis 1993 Studium der Humanmedizin an der Johannes Gutenberg Universität Mainz

### Famulaturen:

23.07.1990 - 23.08.1990 Orthopädie - Praxis Dr. Ewers / Offenbach  
 03.09.1990 - 03.10.1990 Unfallchirurgie - Städt. Kliniken / Offenbach  
 18.02.1991 - 24.03.1991 Orthopädie - Sportmedizinisches Institut / Frankfurt  
 09.09.1991 - 11.10.1991 Innere Medizin - Städt. Kliniken / Höchst  
 24.02.1992 - 03.04.1992 Orthopädie - Praxis Dr. Eichhorn / Straubing

### Ärztliche Prüfungen:

1990 1. Staatsexamen, Note: "ausreichend"  
 1992 2. Staatsexamen, Note: "befriedigend"  
 1993 3. Staatsexamen, Note: "sehr gut"

### Arzt im Praktikum:

15.03.94 bis 15.09.95 im Sportmedizinischen Institut in Frankfurt/M.  
 Schwerpunkt in der Abt. Orthopädie

**Approbation:**

18.10.1995

**Ärztliche Tätigkeit:**

01.11.95 bis 30.04.96 als Assistenzarzt / Sportmedizinisches Institut in Frankfurt  
Schwerpunkt in der Abt. Orthopädie  
01.05.96 bis 30.04.98 als Assistenzarzt / Hospital zum heiligen Geist in Frankfurt  
Abt. Allgemein- und Unfallchirurgie  
01.05.98 bis 30.09.2001 als Assistenzarzt / St. Josefs Hospital in Wiesbaden  
Abt. Allgemein- und Unfallchirurgie  
Seit dem 01.10.2001 als Assistenzarzt im Kreiskrankenhaus in Alzenau – Wasserlos, Abt.  
Allgemeinchirurgie

**Facharztprüfung:**

13.02.2003 zum Facharzt für Chirurgie

**Promotion:**

Thema: Konservative oder operative Therapie bei lateralen Kapselbandrupturen am oberen Sprunggelenk beim Leistungssportler?  
Eine prospektive und randomisierte Studie bei frühfunktioneller Nachbehandlung unter Anwendung sportmotorischer Tests und neurophysiologischer Parameter.

Bei: Privat Dozent Dr. med. Jürgen Mockwitz  
Chirurgische Kliniken des Main Taunus Kreises / Hofheim

Dietzenbach, den 19.08.2003

## 8.7 Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die dem Fachbereich Humanmedizin zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel:

Konservative oder operative Therapie bei lateralen Kapselbandrupturen am oberen Sprunggelenk beim Leistungssportler?

in den

Kliniken des Main - Taunus - Kreises GmbH  
Lehrkrankenhaus der Johann Wolfgang Goethe – Universität Frankfurt am Main  
Chirurgische Klinik II – Unfallchirurgie Hofheim / Taunus

unter der Leitung von

Chefarzt: Privat Dozent Dr. med. J. Mockwitz

mit Unterstützung durch

Herrn Dr. H. Lohrer und Herrn PD Dr. W. Alt

Ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Dietzenbach, den 19.08.2003