

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik (König-Ludwig-Haus, Würzburg)

Lehrstuhl für Orthopädie der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. J. Eulert

Stabilisierung zur Verletzungsprävention  
am Sprunggelenk - eine Metaanalyse

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Gunda Kreische

aus Königsberg i. Bay.

Würzburg, Juli 2007

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. M. Walther

Koreferent: Prof. Dr. med. J. Eulert

Dekan: Prof. Dr. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 12.11.2007

Die Promovendin ist Zahnärztin.

# INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG .....	1
1.1	Externe Stabilisierungshilfen.....	2
1.2	Wirkung äußerer Stabilisierungshilfen auf die Verletzungsinzidenz im Sport.....	3
1.3	Ziel der Arbeit .....	4
2	MATERIAL UND METHODEN .....	5
2.1	Medizinische Datenbanken .....	5
2.2	Literaturrecherche.....	5
2.3	Auswahl der Artikel .....	6
2.4	Darlegung der Evidenzstärke .....	7
2.5	Grades of Recommendation .....	8
3	ERGEBNISSE.....	11
3.1	Ergebnisse der Literaturrecherche und Literaturselektion.....	11
3.2	Testverfahren .....	11
3.2.1	Statische Versuchsaufbauten .....	11
3.2.2	Dynamische Versuchsaufbauten .....	13
3.2.3	Untersuchungen der Propriozeption .....	14
3.2.4	Epidemiologische Studien zur Verletzungshäufigkeit .....	15
3.2.5	Subjektive Beurteilung durch die Probanden .....	15
3.3	Maßnahmen zur Verletzungsprävention des Sprunggelenks.....	15
3.3.1	(Adhäsiv-Stoff-) Taping .....	15
3.3.2	Orthesen und Schnürbandagen .....	18
3.3.3	Schuhe .....	21
3.3.4	Propriozeptives Training .....	24
3.3.5	Kombinationen verschiedener Stabilisierungshilfen.....	28
3.4	Wirkung externer Stabilisierungshilfen auf die motorische und funktionelle Leistung .....	36
3.5	Kosten externer Stabilisierungshilfen.....	39
4	Diskussion .....	42
4.1	Problematik der Beurteilung von Studiendesign und Evidenz.....	42
4.2	Beurteilung und Bewertung verletzungspräventiver Maßnahmen am Sprunggelenk.....	43
4.2.1	Tape-Verband .....	44
4.2.2	Orthesen.....	45
4.2.3	Vergleich Tape-Verband/ Orthese.....	46
4.2.4	Schuhe .....	46
4.2.5	Kombination Schuhe/ Tape-Verband .....	47
4.2.6	Kombination Tape/ Orthese (Bandage)/ Schuhe .....	47
4.2.7	Propriozeptives Training .....	48
4.2.8	Kombination Propriozeptives Training/ Orthese (Bandage).....	48
4.3	Beeinflussung der motorischen und funktionellen Leistungsfähigkeit .....	49
4.4	Kosten-Nutzen-Relation/ Vor- und Nachteile der Materialeigenschaften .....	50
4.5	Gesamtaussage und Schlussfolgerung.....	52
5	ZUSAMMENFASSUNG .....	54
6	TABELLENANHANG .....	56
6.1	Tabellarische Übersicht relevanter Studien.....	56

6.2 Ergebnisse der Untersuchungen/ Statistische Angaben/ Zustand des Sprunggelenks SG .....	75
6.3 Studiendesign/ Evidenzlevel/ Effekt .....	91
7 LITERATURVERZEICHNIS .....	93

# TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Evidenzhierarchie (levels of evidence) für Therapie- und Präventionsstudien (modifiziert nach Oxford Centre 2001) Erläuterungen: RCT = randomisierte kontrollierte Studie; CI = Konfidenzintervall.....	8
Tabelle 2 Empfehlungsgrade (Grades of Recommendation) (modifiziert nach Oxford Centre 2001) .....	9
Tabelle 3 Einteilung der Evidenzstärke und Recommendation (Empfehlungsstärke) für Therapie- und Präventionsstudien nach Cochrane und DEGAM.....	9
Tabelle 4 Einteilung der Evidenzstärke von Therapiestudien nach ÄZQ und SIGN.....	10
Tabelle 5 Zielsetzung der Untersuchung/ Probandenanzahl N/ Material und Methoden der Durchführung (geordnet nach Erscheinungsjahr) .....	56
Tabelle 6 Ergebnisse der Untersuchungen/ Statistische Angaben/ Zustand des Sprunggelenks SG (geordnet nach Stabilisierungshilfen) .....	75
Tabelle 7 Studiendesign/ Evidenzlevel/ Effekt .....	91

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
d. h.	das heißt
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunden
insges.	insgesamt
li.	links
max.	maximal
min	Minuten
mind.	mindestens
mm	Millimeter
msec.	Millisekunden
re.	rechts
SG	Sprunggelenk
u. a.	unter anderem
v. a.	vor allem
versch.	verschieden
vs.	versus
z. B.	zum Beispiel
zw.	zwischen

# 1 EINLEITUNG

Die sportliche Betätigung und Fitness im Hinblick auf ein gesundheitsbewussteres Leben sind heute moderner denn je.

Sportverletzungen sind ein ungewollter, aber oft unvermeidbarer Nebeneffekt, sowohl unter Freizeit- als auch unter Hochleistungssportlern. Sportverletzungen haben durch die ansteigende Zahl der Sportler als auch durch die erhöhte Leistungs- und Risikobereitschaft ebenfalls in den letzten Jahren zugenommen.

Sprunggelenkverletzungen gehören zu den häufigsten Sport- und Freizeitverletzungen der unteren Extremität mit einer Inzidenz von 10-30% aller muskuloskelettalen Verletzungen (MILLER und HERGENROEDER, 1990). Sie treten gehäuft auf in Kontakt- und Innensportarten, bei welchen die Spieler häufig springen, auf einem Fuß landen oder scharfe Cutting-Manöver durchführen müssen, wie es z.B. beim Basketball, Fußball, Handball oder Volleyball der Fall ist (GARRICK und REQUA, 1989). Aber auch unter Alltagsbedingungen gehört die Distorsion des Sprunggelenks zu den häufigsten Verletzungen des Bewegungsapparates mit ca. 10.000 Verletzten pro Tag in Deutschland.

Die Zusammenarbeit des oberen und unteren Sprunggelenks gewährleistet eine gleichmäßige Übertragung der beim Gang oder Laufen entstehenden Kräfte. Dorsiflexion und Plantarflexion finden hauptsächlich im oberen Sprunggelenk, Pronation (Eversion) und Supination (Inversion) vornehmlich im unteren Sprunggelenk statt (SUBOTNICK, 1989).

Am häufigsten kommt es bei forcierter Plantarflexion und Inversion des Fußes zu einer Läsion des lateralen Bandapparates (VERHAGEN, 2000). Neben der erzwungenen Sportpause können erhebliche Ausfallzeiten am Arbeitsplatz resultieren, was sozialökonomisch und gesundheitspolitisch aufgrund der großen Zahl der Verletzungen von Bedeutung ist.

Sportler, die ein solches Trauma erlitten haben, sind wahrscheinlicher betroffen, einer erneuten Verletzung am gleichen Sprunggelenk zu unterliegen. Eine Instabilität wird in 20-50% der Fälle berichtet (SANDER, 1980).

### *1.1 Externe Stabilisierungshilfen*

Aufgrund der genannten Tatsachen wurde in den letzten Jahren der Entwicklung prophylaktischer Maßnahmen immer mehr Beachtung geschenkt. Verschiedene Konzepte wurden entwickelt, die in einer schwer überschaubaren Vielfalt auf den Markt gebracht wurden.

Die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen, die den Nutzen von Taping auf die Verletzungsinzidenz am Sprunggelenk analysierten, stammen von QUIGLEY et al. (1946) und THORNDIKE (1956).

Neben dem klassischen Tape-Verband, auch Klebeverband genannt, sind diverse Arten von äußeren Stabilisierungshilfen, wie:

- halbfeste Funktionssicherungsorthesen (semirigid ankle braces)
- feste Stabilisierungsorthesen (rigid ankle braces), auch Knöchelschienen genannt
- Sprunggelenksbandagen (ankle braces)
- Schnürbandagen (lace-up support)
- Schuhe unterschiedlicher Schafthöhen oder
- Stabil-Schuhe mit Verstärkungselementen

entwickelt worden.

Weitere Methoden mit sensomotorischem Reflextraining durch ‚balance boards‘ oder ‚ankle discs‘, sogenannte Kippbretter, Therapiekreisel oder spezielle Aufwärm- und Trainingsprogramme gewannen in jüngster Zeit immer mehr an Bedeutung. Verschiedene Studien (BAHR et al. 1997, TROPP et al. 1985, WEDDERKOPP et al. 1999) weisen auf eine präventive Wirkung eines ‚balance board-Trainings‘ auf das Verletzungsrisiko des stabilen und instabilen Sprunggelenkes hin.

BAHR et al. (1997) ermittelten in einer prospektiven Kohortenstudie bei 819 Volleyballspielern mit rezidivierenden Umknicktraumen sogar eine zweifache Reduzierung akuter Sprunggelenkverletzungen durch ein speziell entwickeltes Präventionsprogramm.



Diese Praktik wird bereits seit einiger Zeit zur Rehabilitation nach Umknicktraumen eingesetzt, um die aktive Stabilisierung des Sprunggelenks nach einem Distorsionstrauma zu verbessern.

## *1.2 Wirkung äußerer Stabilisierungshilfen auf die Verletzungsinzidenz im Sport*

Prophylaktisches Taping wirkt durch Reduktion des Bewegungsumfanges von Plantarflexion und Inversion des Sprunggelenkes (LAUGHMAN et al. 1980, YAMAMOTO et al. 1993).

GARRICK und REQUA zeigten 1973 in einer prospektiven Studie mit 2.592 Basketballspielern, dass Taping die Verletzungsinzidenz von Umknicktraumen zu reduzieren vermag.

ROVERE et al. (1988) verglichen retrospektiv bei 297 Fußballspielern Taping mit einer Schnürbandage, wobei Spieler mit einer Stabilisierungshilfe ein signifikant geringeres Verletzungsrisiko des Sprunggelenks als die Kontrollgruppe aufwiesen.

Verschiedene Studien zeigen, dass die restriktive Wirkung des Tappings nach gewissen Übungsperioden anteilig verloren geht (FRANKENY et al. 1993, GREENE and HILLMAN 1990, MYBURGH et al. 1984). Nach FUMICH et al. (1981) und RARICK et al. (1962) sind es mehr als 50% Reduzierung der initialen Bewegungseinschränkung nach 10minütiger Übung. So bietet Taping nach einer Stunde keinen signifikanten Schutz mehr (MYBURGH et al. 1984).

Dieser Verlust tritt bei der Anwendung einer Orthese nicht auf. Die einfachere Applikation, die vom Spieler selbst durchgeführt und bei Bedarf immer wieder erneuert werden kann, ermöglicht eine annähernde Wiederholung der initialen Stabilisierung. Durch die Einschränkung der exzessiven Inversions- und Eversionsbewegungen des Sprunggelenkes mit einer semirigiden Orthese konnten SITLER et al. (1994) ein dreifach verringertes Verletzungsrisiko bei Basketballspielern nachweisen.

Zudem haben Orthesen einen positiven Einfluss auf die Propriozeption (ROBBINS et al. 1995, JEROSCH et al. 1995), genauer auf die propriozeptiven Afferenzen aus Mechanorezeptoren der Haut vorwiegend bereits verletzter Sprunggelenke. Daher ist es möglich, dass Orthesen bei instabilen Sprunggelenken eher die funktionelle als die mechanische Stabilität verbessern (SURVE et al. 1994).

Werden die Kosten betrachtet, sind Orthesen aufgrund ihrer Wiederverwendbarkeit preisgünstiger als Tape-Verbände.

Hochschaftige Schuhe (in Kombination mit Taping) bei Basketballspielern wurden durch GARRICK und REQUA (1973) ebenfalls als alternative prophylaktische Maßnahmen herausgestellt, während ROVERE et al. (1988) bei Fußballspielern niedrigschaftigen Schuhen, kombiniert mit einer Schnürbandage, eine höhere Wirksamkeit auf die Verletzungsinzidenz zuschreiben konnte. BARRETT et al. (1993) fanden hingegen im Basketballsport keine Korrelation zwischen Schuhdesign und auftretenden Umknicktraumen.

Neuere Untersuchungen unterstützen die These, dass die oben genannten Methoden neben der Bewegungseinschränkung auch durch die Stimulation der propriozeptiven Rezeptoren zu einer aktiven Stabilisierung des Sprunggelenks beitragen (ROBBINS et al. 1995).

SCHEUFFELEN et al. (1995) stellten erstmals den Nutzen präventiver Trainingsprogramme bei gesunden Probanden zur Vermeidung von Sprunggelenkverletzungen heraus.

### *1.3 Ziel der Arbeit*

Die Entwicklung äußerer Stabilisierungshilfen und des propriozeptiven Trainings zur Verletzungsprävention des Sprunggelenkes waren Anlass für zahlreiche klinische und experimentelle Studien, die die Grundlage der hier vorliegenden Arbeit sind.

Es sollte vergleichend analysiert werden, welche der untersuchten Gelenkstützen einen signifikanten Supinationsschutz des Sprunggelenks mit Reduktion der Verletzungsinzidenz bewirken. Dazu erfolgte eine Einteilung der in den medizinischen Datenbanken Medline und Pubmed recherchierten Studien in die vorgegebenen Evidenzlevel I-IV der Cochrane Collaboration, sowie eine quantitative Auswertung der geprüften Stabilisierungshilfen mit Abwägung der Vor- und Nachteile.

Bei einigen klinischen Studien wurden Probanden mit chronisch instabilen Sprunggelenken eingeschlossen. Hier muss berücksichtigt werden, dass zwar mit Hilfe dieser Versuchspersonen die Reduktion von Nachfolgeverletzungen des Sprunggelenks wissenschaftlich analysiert wurde, die Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse auf gesunde Probanden jedoch nicht eindeutig gesichert ist.

## **2 MATERIAL UND METHODEN**

### *2.1 Medizinische Datenbanken*

Eine der wichtigsten englischsprachigen Datenbanken für medizinisch-biochemische Zeitschriftenliteratur ist MEDLINE, ein Akronym für Medical Literature Online.

Sie beinhaltet den Nachweis von ca. 10 Millionen Zeitschriftenartikeln aus 3.900 Zeitschriften aus ca. 70 Ländern von 1966 bis heute.

Die National Library of Medicine (NLM in Bethesda, USA) stellt in Kooperation mit dem National Center for Biotechnology Information (NCBI) die kostenfreie Internet-Version Pubmed zur Verfügung, die weltweit mehr als 4.600 biomedizinische Zeitschriften ab 1950 auswertet.

Mehr als 60% der aufgeführten Publikationen verfügen über inhaltliche Zusammenfassungen (abstracts) und erleichtern das Ziel der elektronischen Literatursuche, eine überschaubare Anzahl an relevanten Artikeln zu finden.

### *2.2 Literaturrecherche*

Anhand von elektronischen Datenbankrecherchen und durch ausgewähltes manuelles Nachverfolgen von Literaturhinweisen wurde nach relevanten Publikationen gesucht. Gegenstand der Suche waren hauptsächlich publizierte randomisierte kontrollierte Studien, Metaanalysen, systematische Reviews, ggf. auch als Bestandteil bereits existierender Leitlinien.

Da die zur Verfügung stehenden Publikationen bezüglich der alleinigen Prophylaxe und nicht Therapie mit teilweise sehr geringen Fallzahlen veröffentlicht wurden, gingen in die Analyse auch retrospektive Studien und Untersuchungen an kleinen Fallzahlen mit entsprechender Auswirkung auf den Evidenzgrad ein.

Die Suche beschränkte sich auf englisch- oder deutschsprachige Literatur. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen, wurde mit englischen Suchbegriffen und unter Schlagwortsuche ohne zeitliche Eingrenzung recherchiert. Schlüsselwörter waren ankle, sprain, injury, prevention, preventive measures, external support, prophylactic stabilizers, shoes, taping, brace, orthosis und proprioception.

Die Literatur wurde ergänzt um eine manuelle Sichtung relevanter Fachzeitschriften, Internetseiten einschlägiger Fachgesellschaften und Abstracts.

Des Weiteren fanden sich in der relevanten Literatur Quellenverweise und Autorennamen, denen mittels korrekter Suchkriterien in der Datenbank nachgegangen werden konnte.

Die ausgewählten Artikel wurden anschließend via Fernleihe im BibliotheksVerbundBayern (BVB) bestellt oder in der elektronischen Zeitschriftenbibliothek als Volltexte aufgerufen.

Weiterführend wurde nach relevanten Dissertationen in der Deutschen Nationalbibliographie, DNB, recherchiert.

### *2.3 Auswahl der Artikel*

Die Literaturselektion erfolgte anhand vorab definierter Ein- und Ausschlusskriterien.

Eine Studie wurde eingeschlossen, wenn

- a) sie Untersuchungs-Schwerpunkte bezüglich der Prävention von Verletzungen des stabilen und/oder chronisch instabilen Sprunggelenks beinhaltet,
- b) die Ergebnisse eine Aussage über die Inzidenz von Sprunggelenkverletzungen machten,
- c) eine kritische Literaturübersicht bezüglich der Wirksamkeit präventiver Maßnahmen vorlag,
- d) sie eine randomisierte kontrollierte Studie, Kohortenstudie, Fall-Kontroll-Studie, Fall-Serie, Expertenmeinung oder experimentelle Studie war und die Fragestellungen a) und/oder b) beantwortete.

Nur Studien, die einem adäquaten Studiendesign entsprachen, wurden auf der Grundlage der Evidenzstufen bewertet. Die übrigen, thematisch relevanten Artikel wurden zur kritischen Beurteilung der bewiesenen Ergebnisse und zur Abwägung der Vor- und Nachteile der einzelnen Stabilisierungshilfen zur Hilfe genommen.

Zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit wurden Kostenstudien, Kosten-Minimierungsstudien, Kosten-Effektivitätsstudien und Kosten-Nutzen-Studien sowie Kostenangaben aus Studien zum medizinischen Nutzen eingeschlossen.

Zur Bewertung der Beeinflussung der motorischen Leistungsfähigkeit durch externe Stabilisierungshilfen wurden auch Studien in die Diskussion mit einbezogen, die die Korrelation zwischen Stabilisierung mittels Bewegungseinschränkung und deren mögliche Auswirkung auf die Performance beschreiben.

#### *2.4 Darlegung der Evidenzstärke*

Anhand etablierter Kriterien für die Evidenzstärke wurden die publizierten Behandlungsregime bewertet.

In dem vorliegenden systematischen Literaturreview sollten die eingeschlossenen Studien zur Verletzungsprävention des Sprunggelenks hinsichtlich ihrer Evidenz überprüft werden.

In der evidenzbasierten Medizin werden die Ergebnisse aus möglichst allen kontrollierten klinischen Prüfungen zu einer bestimmten Fragestellung unter Zuhilfenahme biometrischer Methoden wie der Metaanalyse zusammengefasst, um so die beste verfügbare Evidenz für die Beantwortung einer Fragestellung zu erhalten. Unter bester verfügbarer Evidenz wird eine hierarchische Bewertung des medizinischen Wissens verstanden, an deren oberen Ende die Ergebnisse randomisierter klinischer Studien und gepoolter Metaanalysen solcher Studien stehen. Die klinischen Studien werden entsprechend ihrer wissenschaftlichen Validität und Wertigkeit in verschiedene Evidenzgrade eingeteilt.

Diese Einteilung der Evidenzstärke von Therapie- und Präventionsstudien erfolgte nach bestimmten Kriterien. International etabliert sind die Kriterien des Oxford-Centre for Evidence Based Medicine (Tabelle 1). Dieses Zentrum hat sich als eines der ersten von zahlreichen anderen Zentren etabliert, die sich zum Ziel gesetzt haben, die evidenzbasierte Gesundheitsversorgung zu fördern.

Tabelle 1 Evidenzhierarchie (levels of evidence) für Therapie- und Präventionsstudien (modifiziert nach Oxford Centre 2001)  
 Erläuterungen: RCT = randomisierte kontrollierte Studie; CI = Konfidenzintervall

<i>Evidenzstufe</i>	<i>Studienart</i>
Ia	systematische Übersicht von RCTs (mit Homogenität)
Ib	einzelne RCT mit engem CI-Intervall
IIa	systematische Übersicht aus Kohortenstudien (mit Homogenität)
IIb	einzelne Kohortenstudie/RCT mit methodischen Mängeln
IIc	‚Outcome‘-Forschung, ökologische Studie
IIIa	systematische Übersicht aus Fall-Kontrollstudien
IIIb	einzelne Fall-Kontrollstudie
IV	Fall-Serien, Kohortenstudien, Fall-Kontrollstudien mit methodischen Mängeln
V	Konsensuskonferenzen und/oder klinische Erfahrung anerkannter Autoritäten (Expertenmeinungen) ohne explizite Grundlage von kritisch bewerteter Evidenz, Laborbeobachtungen

## 2.5 Grades of Recommendation

Alle Studienbewertungen nach Evidenzstufen sind auch mit zugehörigen ‚Graden der Empfehlungsstärke‘ gekennzeichnet. Diese Empfehlungsgrade entsprechen dem internationalen Gebrauch und erlauben eine Vergleichbarkeit mit Handlungsempfehlungen, wie sie z.B. von der amerikanischen ‚Agency for Healthcare Research and Quality‘ (AHRQ) herausgegeben werden.

Diese Gewichtung der klinischen Relevanz erfolgt in die Grade A-D (Tabelle 2).

Der jeweilige Grad spiegelt die Stärke der Evidenz wider, mit der die Interventionsempfehlung einer Studie bewertet und zusammengefasst werden kann.

Tabelle 2 Empfehlungengrade (Grades of Recommendation)  
(modifiziert nach Oxford Centre 2001)

<i>Grad</i>	<i>Empfehlung</i>
A	übereinstimmende Level I- Studien
B	übereinstimmende Level II/III– Studien oder Extrapolationen/ Hochrechnungen von Level I- Studien
C	Level IV– Studien oder Hochrechnungen von Level II/III-Studien
D	Level V- Studien oder uneinheitliche, nicht beweiskräftige Studien jeden Levels

Ebenfalls anerkannt ist die Klassifizierung der Cochrane Collaboration, ein institutionalisiertes, internationales Netzwerk von Arbeitsgruppen, die sich auf die Evidenzbewertung bestimmter Erkrankungsgebiete spezialisiert haben, sowie der DEGAM, der Deutschen Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin (Tabelle 3).

Tabelle 3 Einteilung der Evidenzstärke und Recommendation (Empfehlungsstärke) für Therapie- und Präventionsstudien nach Cochrane und DEGAM

<i>Level</i>	<i>Empfehlung</i>	<i>Studiendesign</i>
I a	A	Metaanalyse/ Systematische Übersicht von RCTs, 'Megatrial' (>1000 Probanden)
I b		mindestens ein RCT
II a	B	Kohortenstudie mit Kontrollgruppe/nicht randomisierter CT, quasi experimentelle Studie
II b		Fall-Kontroll-Studie
III		Querschnitts-, ökologische Studie, Kohorte ohne Kontrollgruppe (Anwendungsbeobachtung), Fallserie (case report)
IV	C	Expertenmeinung, Grundlagenforschung

Mit der Cochrane Collaboration vergleichbare Definitionen der Evidenzgrade beschreiben u.a. die Ärztliche Zentralstelle für Qualitätssicherung (ÄZQ) und das Scottish Intercollegiate Guidelines Network, (SIGN), (Tabelle 4).

Tabelle 4 Einteilung der Evidenzstärke von Therapiestudien nach ÄZQ und SIGN

<i>Evidenzlevel</i>	<i>Studiendesign</i>
I a	Evidenz aufgrund von Metaanalysen von RCTs
I b	Evidenz aufgrund mindestens einer RCT
II a	Evidenz aufgrund mindestens einer gut angelegten CT ohne Randomisierung
II b	Evidenz aufgrund mindestens einer gut angelegten, quasi experimentellen Studie
III	Evidenz aufgrund gut angelegter, nicht experimenteller deskriptiver Studien (Vergleichsstudien, Korrelationsstudien, Fall-Kontroll-Studien)
IV	Evidenz aufgrund von Berichten/Meinungen von Expertenkreisen, Konsensus-Konferenzen und/oder klinischer Erfahrung anerkannter Autoritäten

In der vorliegenden Arbeit wurde die Einteilung nach Cochrane gewählt.



## **3 ERGEBNISSE**

### *3.1 Ergebnisse der Literaturrecherche und Literaturselektion*

Von 740 Datenbanktreffern wurden 83 als thematisch adäquate Referenzen eingestuft. Der Recherchenzeitraum erstreckt sich von 1962 bis Februar 2005.

Nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien wurden 44 Studien nach den verschiedenen Evidenzstärken eingeteilt. Davon sind 17 randomisierte kontrollierte und/ oder experimentelle Studien, 6 Kohortenstudien, 3 Fall-Kontrollstudien und 18 experimentelle, nicht randomisierte Studien.

Daraus wurde eine tabellarische Übersicht mit Angaben zur Studienpopulation, Methodik, zu den Ergebnissen und zum Studientyp erstellt (Tabellen 5, 6, 7).

Diese Einteilung ergab 6 Studien zur Präventionsmaßnahme Tape, 11 zu verschiedenen Arten von Orthesen, 8 zu propriozeptiven Trainingsübungen und 3 untersuchten Schuhe unterschiedlicher Schafthöhen. Die übrigen Studien beinhalten Kombinationen oder Vergleiche dieser 4 Stabilisierungsmethoden.

Bei der Auswahl des Probandengutes ist auffällig, dass in etwa der Hälfte der aufgeführten Studien sowohl Studienteilnehmer mit gesunden als auch mit chronisch instabilen oder in der Vergangenheit bereits verletzten Sprunggelenken aufgenommen wurden. Dies ist tabellarisch vermerkt worden (Tabelle 6).

### *3.2 Testverfahren*

Bei der Durchsicht der relevanten Literatur stellten sich verschiedene Testverfahren zur Überprüfung der Funktionsweise von Stabilisierungshilfen heraus, die hier nur kurz erläutert werden sollen.

#### *3.2.1 Statische Versuchsaufbauten*

Hier werden die Bewegungsausmaße unter Verwendung eines Halteapparates, z.B. eines Cybex-Dynamometers, mit einem externen Goniometer gemessen.

Dazu wird der Unterschenkel in die Halteapparatur eingespannt und die passive Sprunggelenkbeweglichkeit in Plantar-/ Dorsalflexion und Inversion/ Eversion unter quasi-statischen Bedingungen gemessen.

Mit Hilfe solcher Messungen konnte z.B. gezeigt werden, dass der Stabilisierungseffekt von Tapeverbänden initial in Form einer reduzierten Plantar- bzw. Dorsalflexion und Eversion bzw. Inversion zwar nachweisbar ist, nach sportlicher Aktivität allerdings anteilig verloren geht (MYBURGH et al. 1984, FUMICH et al. 1981, GROSS et al. 1994 ).

Diese Methode verwendeten auch GROSS et al. (1987), indem sie die Minimierung der Inversions- und Eversionsbewegungen nach Anlage eines konventionellen Tape-Verbandes und der Aircast-Orthese verglichen.

Der Effekt der Einschränkung der passiven Eversions-/ Inversionsbewegung wurde an 4 verschiedenen Orthesen von ALVES et al. (1992) vor und nach sportlicher Betätigung beschrieben.

GREENE und WIGHT untersuchten 1990 drei Orthesen und erweiterten die Überprüfung der dauerhaften Wirkung auf mehrfache Messungen während eines 90-minütigen Softball-Spiels.

JOHNSON et al. (1994) veränderten die Methode durch aktive Supination des Fußes der Probanden.

Auch die Rotationskomponente der Sprunggelenksbewegung ließ sich durch Tape, Orthesen und Stabilschuh bei MÜLLER und HINTERMANN (1996) einschränken.

Nachteilig an diesen Testaufbauten sind die relativ geringen Kräfte, die auf das Sprunggelenk und die Orthesen einwirken, was die Messergebnisse in ihrer Aussagekraft limitiert (BRÖCKER 2001). NIGG et al. untersuchten 1995 in einer vergleichenden Studie die Zuverlässigkeit und Wertigkeit von statischen und dynamischen Bewegungstests. Das Ergebnis war ein sehr niedriger Korrelationskoeffizient zwischen den statischen (active/ passive range of motion = ROM) und den dynamischen (path of motion = POM) Bewegungsmessungen. Dies käme einer geringeren Aussagekraft statischer Messungen gleich. Die Autoren empfehlen daher zumindest eine Kombination statischer und dynamischer Methoden.

### 3.2.2 *Dynamische Versuchsaufbauten*

Da bei statischen Stabilitätsmessungen das Fehlen des Supinationsereignisses kritisiert wird und die Untersuchungssituation damit nicht der Alltagssituation entspricht, forderten PETERS et al. 1991 funktionell-dynamische Messungen, die eine potentiell gefährdende Situation möglichst realitätsnah simulieren sollten.

Durch die Auslösung eines Kippmechanismus' oder den aktiv laufenden Probanden mit vollem Körpergewicht kommt es zu einem zusätzlichen Bewegungsmoment mit einer höheren, also physiologischeren Krafteinwirkung auf die getestete Stabilisierungshilfe.

Der Belastungsstress durch den unerwarteten Supinationsreiz, dem die Orthese damit ausgesetzt wird, ist somit deutlich höher (BRÖCKER 2001). Damit wird eine echte Stressituation simuliert, was die Ergebnisse aussagekräftiger macht als die der rein statischen Versuchsanordnungen.

Hierzu gehören z.B. Laufbandversuche, wie sie in der Studie von RIEMANN et al. 2002 durchgeführt wurden, indem sie Tape und eine Orthese bezüglich ihrer Wirkung auf die vertikalen Bodenreaktionskräfte (vertical ground reaction forces, vGRF) verglichen.

Aufgrund fehlender maximaler Supinationsreize beim reinen Laufbandversuch können die Ergebnisse dieser Methode eigentlich nicht mit anderen dynamischen Verfahren verglichen werden (BRÖCKER 2001). Da aber in dem genannten Versuch nach der Laufperiode auch Sprünge auf eine Kraftmessplatte vorgenommen wurden, ist dies durchaus als dynamische Versuchsanordnung zu akzeptieren.

Weiterhin eingeschlossen sind Versuchsanordnungen mit einer Kipplattform oder eines Kippbrettes (ankle disc), wie sie z.B. von ANDERSON et al. 1995 verwendet wurden. Die Untersucher erweiterten den Versuchsaufbau dahingehend, dass sie neben der Bestimmung der Supinationswinkel auch die Winkelgeschwindigkeiten und Bodenreaktionskräfte bei einer Neigung der Plattform von 22° bestimmten.

THONNARD et al. kombinierten 1996 dynamische und statische Bedingungen und verglichen den Barfuß mit zwei Orthesen bezüglich ihrer Wirkung auf das Drehmoment im Sprunggelenk.

Das kombinierte Verfahren wurde auch in einer Studie von BRÖCKER 2001 durchgeführt. Dabei wurden Messungen des Bewegungsumfanges und der

Bewegungsausführung mit einem Cybex Dynamometer sowie Röntgen-Aufnahmen im Halteapparat nach Scheuba angefertigt. Hinzu kam ein speziell entwickeltes Tiefsprungverfahren zur Provozierung eines gesteigerten Supinationsreizes (Rückwärts-Springen der Probanden mit angelegter Orthese aus ca. 40cm Höhe auf eine 20° geneigte Rampe) zur Anwendung.

### *3.2.3 Untersuchungen der Propriozeption*

Neben den bereits vorgestellten Versuchsaufbauten finden sich auch Studien, die nicht die antisupinatorische Fähigkeit von Orthesen zum Schwerpunkt haben, sondern deren Auswirkung auf die Propriozeption und auf sportspezifische Fähigkeiten analysieren. Dazu gehören aktive und passive Winkelreproduktionstests sowie stabilometrische Messungen (Einbeinstand).

JEROSCH et al. untersuchten 1995 indirekt eine mögliche Beeinflussung einer semirigiden Orthese, einer Schnürbandage und eines Tape-Verbandes auf die propriozeptiven Fähigkeiten. Dazu führten sie einen Einbein-Stand-Test, einen Einbein-Sprungparcour-Test und einen Winkel-Reproduktionstest durch. Sie zeigten eine positive Beeinflussung der Propriozeption im Sinne einer verbesserten Leistungsfähigkeit während des Sprungparcours durch die beiden Orthesen.

Ebenso konnte durch Messungen der Reaktionszeiten der Peronealmuskulatur nach einer Sprunglandung durch direkt abgeleitete Elektromyogramme bei HOPPER et al. (1999) gezeigt werden, dass die Probanden mit angelegter Orthese eine kürzere Reaktionszeit aufwiesen als ohne Orthese. Somit kommt es zu einer früheren dynamischen Stabilisierung der Sprunggelenke und damit zu einer Verringerung des Risikos einer Verletzung.

So kann gezeigt werden, dass Orthesen nicht nur eine rein mechanisch stabilisierende Wirkung aufweisen, sondern auch über eine Verbesserung der Propriozeption einen nicht unerheblichen Beitrag zur Vermeidung von Sprunggelenksdistorsionen leisten können.

### *3.2.4 Epidemiologische Studien zur Verletzungshäufigkeit*

Diese Studien dienen dem Vergleich der Verletzungshäufigkeit und -charakteristik bei verschiedenen Sportlergruppen mit und ohne Stabilisierungshilfen.

Sie wurden sowohl für verschiedene Sportarten wie Fußball (JUNGE et al. 2002, TROPP et al. 1985, ROVERE et al. 1988, SURVE et al. 1994), Basketball (GARRICK und REQUA 1973, BARRETT et al. 1993, SITLER et al. 1994, PETER 2001) und Handball (WEDDERKOPP et al. 1999, PETERSEN et al. 2005, OLSEN et al. 2005) als auch für den militärischen Bereich bei Fallschirmjägern (AMOROSO et al. 1998, SCHUMACHER et al. 2000) durchgeführt.

### *3.2.5 Subjektive Beurteilung durch die Probanden*

In einigen Studien (GROSS et al. 1994, JOHNSON et al. 1994, MYBURGH et al. 1984, GREENE und WIGHT 1990, SITLER et al. 1994) wurden die Probanden bezüglich des Tragekomforts, des Stabilitätsgefühls, der optischen Akzeptanz und des empfundenen Einflusses auf die motorische Leistung der getesteten Orthesen befragt.

## *3.3 Maßnahmen zur Verletzungsprävention des Sprunggelenks*

### *3.3.1 (Adhäsiv-Stoff-) Taping*

1946 untersuchten QUIGLEY et al. als eine der ersten, ob sich Taping positiv auf die Verletzungsinzidenz und die Schwere von Supinationstraumen auswirken kann.

Durch den regelmäßigen Gebrauch von ‚ankle wraps‘, also Sprunggelenk-Umwicklungen, sollte ein beträchtliches Ausmaß an Schutz geboten sein. Ein nonelastischer Verband limitierte effektiv die laterale Mobilität des Sprunggelenkes ohne behindernden Einfluss auf Dorsiflexion und Plantarflexion.

Quigley zeigte in einer Art experimentellen Studie an Harvard College Studenten, die sich selbst über einen Zeitraum von 15 Jahren bei jeder durchgeführten Kontaktsportart eine Taping- Methode applizierten, dass keiner von ihnen eine vollständige Ruptur eines Sprunggelenk- Ligamentes erlitt. Die auftretenden Verletzungen waren mild, was vom Autor jedoch nicht expliziert definiert wird. Zudem betrug die Aussetzperiode nach einer Sprunggelenkverletzung nur 8 Tage bis zur erneuten sportlichen Teilnahme.

Quigley glaubte, prophylaktisches Taping könnte Sprunggelenkverletzungen um mindestens 50% reduzieren.

Die einzelnen Schritte der Wickel-Technik wurden genau beschrieben, bildlich dokumentiert und sollen hier kurz erläutert werden.

Die Baumwoll-Bandage wird vorerst in 100-Inch (= 254 cm) lange Stücke geschnitten und in kochendem Wasser gereinigt und zum Schrumpfen gebracht.

Anschließend wird der Verband über weiche Baumwollsocken appliziert, wobei die Zehen auf einer Stuhlkante platziert werden, um das Sprunggelenk in einer 90°-Stellung zu halten. Das Ende der Bandage wird am lateralen Malleolus faltenfrei über das proximale Ende des ersten Mittelfußknochens, die Sohle aufwärts, das Zentrum des Sprunggelenks kreuzend und zurück über den medialen Anteil des ersten Mittelfußknochens angebracht. Von dort aus wird der Verband scharfwinklig nach unten über den lateralen Anteil des Fersenbeins (Calcaneus) über die Sohle aufwärts des medialen Fußareals und über den lateralen Malleolus gelegt. Als nächster Schritt folgt wiederum eine scharfe Abwinklung nach unten über den medialen Anteil des Calcaneus über die Ferse und aufwärts um den medialen Malleolus. Die restliche Bandage wird in einem ‚figure-8‘-Typ um den Mittelfuß und das Sprunggelenk über dem Malleolus appliziert. Abschließend verankert eine ‚figure-8‘-Wendung von 1-Inch (2.5 cm) das adhäsive Taping.

RARICK et al. verglichen 1962 an 5 Probanden die Wirksamkeit vier verschiedener Taping-Methoden (basket weave, basket weave + stirrup, basket weave + heel lock, Kombination) in einem dynamischen Versuchsaufbau und konnten eine 40%ige Verminderung der Stabilisierung nach einer 10minütigen Laufübung feststellen. Die besten Ergebnisse lieferte dabei ‚basket weave‘ in Kombination mit den Techniken ‚stirrup‘ und ‚heel lock‘. Zudem kam die Problematik der adhäsiven Verankerung des Tapeverbandes, deren Versagen in einem Verrutschen, Lockern oder gar Verlust ersichtlich wurde.

LAUGHMAN et al. (1980) arbeiteten bereits mit statistischen Auswertungen und konnten eine signifikante Bewegungseinschränkung von 18,6% nach einer 15minütigen Laufübung auf einer 10° geneigten Oberfläche feststellen, wobei es während der Übung zu einem Restriktionsverlust von ca. 12,1% kam, was die Ergebnisse von RARICK et al. (1962) unterstützt.

Ebenso zeigten FUMICH et al. (1981) in einer experimentellen Studie mit 16 Fußballspielern, dass Taping anfänglich zwar das Sprunggelenk in seinem Bewegungsumfang (ROM, range of motion) um etwa 10-14°, also ca. 30% stabilisiert, jedoch nach zweieinhalb bis drei Stunden Fußballspiel eine bis zu 50%ige Abnahme der Initialrestriktion bezüglich neutraler Inversion, plantarflexierter Inversion und neutraler Eversion eintritt. Dorsiflexion und plantarflexierte Eversion zeigten sogar einen signifikanten Verlust der Bewegungseinschränkung bis auf Messwerte ähnlich denen ohne Tape. Die Autoren differenzierten zwischen Plantarflexion, Dorsiflexion, neutraler Inversion/ Eversion, plantarflexierter Inversion/ Eversion mittels einer dafür modifizierten 'Inman-ankle-machine' nach dem gleichnamigen Konstrukteur.

Auch GARRICK und REQUA (1973) demonstrierten die Wirksamkeit von Taping auf die Reduzierung der Verletzungsinzidenz im Vergleich zum Zustand ohne Tape.

Da sie ihre Ergebnisse im Zusammenhang mit der Verwendung hoch- und niedrigschäftiger Schuhe belegen, soll darauf in 3.3.5 genauer Bezug genommen werden.

Eine übergreifende Untersuchung stellten ROBBINS et al. (1995) an, indem sie in einer kontrollierten Studie zusätzlich die propriozeptiven Fähigkeiten durch Anlegen eines Tapeverbandes vor und nach sportlichen Übungen verbessern konnten. Einzelheiten dazu finden sich unter 3.3.4. (propriozeptives Training).

In einem statischen Versuchsaufbau, in dem ein getapetes Fuß- bzw. Sprunggelenkmodell aus Holz und Stahl verwendet und mittels einer mechanischen Test-Maschine verschiedenen Belastungen ausgesetzt wurde, konnten POPE et al. (1987) sozusagen ‚in vitro‘ herausstellen, dass nur die Techniken ‚figure 8‘, ‚figure 8‘ kombiniert mit ‚stirrup‘ und vollständiges Taping der Winkelabweichung von 7.6° widerstanden. Die verwendeten 7.6° sollen die Grenze angeben, bei der in einem in vivo-Test am Sprunggelenk ein Schmerz ausgelöst wurde. Die verwendeten Taping-Methoden waren ‚horseshoe‘, ‚stirrup‘, ‚basket weave‘ sowie die Kombination aus ‚basketweave‘ und ‚figure 8‘. Als traumatische Belastung wurden 420 Nm verwendet, der ausschließlich die ‚figure-of-eight‘- Methode mit drei oder mehr Umwicklungen standhalten konnte. Diese Technik ist nach den Autoren das Mittel der Wahl.

### 3.3.2 *Orthesen und Schnürbandagen*

Die hier verwendeten Studien beziehen sich auf die Verletzungsprävention sowohl stabiler als auch chronisch instabiler Sprunggelenke, da eine exakte Trennung nicht möglich oder nähere Erläuterungen dazu nicht eindeutig angeführt waren (siehe Tabelle 6, Spalte SG).

Die Untersuchungen arbeiten mit Schnürbandagen, semirigiden und rigiden Orthesen separat oder im Vergleich, was der Tabelle 6 im Einzelnen entnommen werden kann.

In einer kontrollierten Studie untersuchten SURVE et al. (1994) anhand von 305 Fußballspielern die Wirksamkeit einer semirigiden Orthese (Sport- Stirrup) auf die Verletzungsinzidenz des Sprunggelenks während einer Spielsaison. Die Autoren wählten diesen Sportbereich aus, da hier das Sprunggelenk am wahrscheinlichsten von einer Verletzung betroffen ist und 85% dessen Inversionstraumen mit Beteiligung der lateralen Ligamente sind (LAUGHMAN et al. 1980, SELIGSON et al. 1980, TROPP et al. 1985). Das Ergebnis zeigt eine signifikante Reduktion des Auftretens von Umknicktraumen (Inzidenzrate 0.46/ 1.000 Spielstunden versus 1.16/ 1.000) in der Probandengruppe mit vorherigen Umknicktraumen, d.h. mit einem möglicherweise instabilen Sprunggelenk, wohingegen die Werte bei den Spielern mit einem gesunden, bis dahin unverletzten Sprunggelenk nicht signifikant waren (0.97/ 1.000 versus 0.92/ 1.000).

ANDERSON et al. (1995) verwendeten eine weiche Orthese (STS) und konnten mit Messungen des Inversionswinkels (inversion range of motion) vor und nach den Übungen zeigen, dass eine signifikante Winkelreduktion vorlag.

GREENE und WIGHT (1990) untersuchten vergleichend zwei semirigide Orthesen (AirStirrup, Ankle Ligament Protector) und eine Schnürbandage (Swede-O Ankle Brace) und fanden heraus, dass alle eine signifikante Bewegungseinschränkung direkt nach der Applikation darboten, die Bandage aber vergleichend mit den semirigiden Orthesen signifikant weniger. Nach einer 40minütigen Softballübung verzeichneten beide Orthesen einen nicht signifikanten Verlust von 8%-12% der initialen Bewegungseinschränkung, wohingegen die Schnürbandage mit 35% signifikant schlechter abschnitt. Über eine Zeitspanne von 90 Minuten zeigte der Ankle Ligament Protector keinen signifikanten Verlust im Vergleich zu AirStirrup. Die Schnürbandage



lieferte sinkende Restriktionswerte direkt nach der Applikation von 30% bis auf 8% nach einem 90minütigen Softballspiel.

In einer kontrollierten Studie an 30 Fußballspielern untersuchten TWEEDY et al. (1994) zwei weiche Orthesen (Leuko Functional Ankle Brace, Nessa Ankle Support). Beide Stabilisierungshilfen schränkten die Inversion signifikant sofort nach der Applikation sowie nach 20- und 40minütigen Renn- und Springübungen ein (Leuko 18%, Nessa 23%).

Die signifikante Inversionsbewegungseinschränkung von vier verschiedenen semirigiden Orthesen (Active Ankle, Aircast Sports Stirrup, DonJoy Ankle Ligament Protector, Malleoloc) konnten ebenfalls JOHNSON et al. (1994) nachweisen. Nach einer Stunde kompetitivem Basketballspiel boten Active Ankle (21.27°) und Aircast Sports Stirrup (21.50°) signifikant mehr Bewegungseinschränkung als die anderen beiden Orthesen, wobei wiederum Ankle Ligament Protector (24.42°) eine signifikant höhere Restriktion aufwies als Malleoloc (29.99°). Johnson et al. begründeten die guten Ergebnisse u.a. mit dem nicht-deformierbaren Material der ausgewählten Orthesen, die entweder aus Hart- oder Spritzguss-Plastik bestehen.

THONNARD et al. (1996) verglichen die Drehmomente im Sprunggelenk an barfüßigen und mit zwei semirigiden Orthesen (Safety Ankle Support, Push Brace) versorgten Probanden sowohl unter statischen als auch unter dynamischen Bedingungen und erhielten keine signifikanten Ergebnisse. Allerdings verweisen sie auf eine effektive Steigerung des passiven Widerstandes gegen Inversionsbewegungen gegenüber dem Barfuß. Diese Steigerung ist jedoch abhängig von der Geschwindigkeit und relativ gering verglichen mit dem mechanischen Stress während typischen sprunggelenksverletzenden Situationen. Die Hauptfunktion der Orthesen wird von den Autoren in der Vorspannung des Sprunggelenks und der Aufrechterhaltung der korrekten Position der artikulierenden Oberflächen gesehen.

UBELL et al. (2003) untersuchten die Hypothese, dass Orthesen das Risiko einer forcierten Inversion bei der Einbein-Sprunglandung nicht signifikant reduzieren können. Unter Verwendung von zwei semirigiden Orthesen (Aircast Sports Stirrup, Bledsoe Ultimate Ankle Brace) und einer Schnürbandage (Swede-O Ankle Lok) lieferte die experimentelle Studie das Ergebnis, dass beide semirigiden Stabilisierungshilfen signifikant die Widerstandskraft gegen den standardisierten

dynamischen forcierten Inversions-Stimulus steigern konnten. Im Versuch kam eine ablösbare Sohle (Aquaplast) zur Anwendung, die medial der Mittellinie mit einer 6mm breiten und 27mm hohen Drehachse entlang der Längsachse des Schuhs angebracht wurde. Bei Kontakt des äußeren Sohlenrandes mit einer harten Oberfläche kam es so zu einer forcierten dynamischen Inversionsstimulation von 24°. Aus 60cm Abstand landeten die Probanden auf einem Bein mit doppeltem Körpergewicht auf einer ebenen, harten Kraftmessungsplatte.

Ebenfalls in einer experimentellen Studie verglichen ALVES et al. (1992) die Restriktionsfähigkeiten von zwei semirigiden Orthesen (Aircast Sport Stirrup, Ankle Ligament Protector), einer weichen Orthese (Kalassy Ankle Support in Verbindung mit Velcro®-Straps) und einer Schnürbandage (Swede-O Ankle Support) vor und nach einer 10minütigen Übung. Alle boten eine signifikante Restriktion des initialen Bewegungsumfangs von 18-29%, Aircast Sport Stirrup sowie Ankle Ligament Protector signifikant mehr. Im Vergleich untereinander lieferte Aircast Sport Stirrup die signifikant besten Werte.

SITLER et al. (1994) untersuchten in einer kontrollierten Studie über einen Zeitraum von zwei Jahren die Wirksamkeit einer semirigiden Orthese (Aircast Sports Stirrup in Verbindung mit Velcro®-Straps) bezüglich der Häufigkeit und Schwere akuter Sprunggelenkverletzungen bei 1.601 Basketballspielern bzw. Kadetten der US Military Academy. Die Verletzungsraten betragen 1.6 in 1.000 Spielstunden in der Studiengruppe versus 5.2 in 1.000 Spielstunden in der Kontrollgruppe, was eine signifikante Reduzierung der Häufigkeit auftretender Sprunggelenkverletzungen belegt. Zudem war das Verletzungsrisiko in der Kontrollgruppe dreifach höher als in der Studiengruppe. Die Autoren zeigten auch weniger Kontakt-Verletzungen, z.B. nach einer Landung auf dem Fuß des Gegners bei den Spielern mit der Orthese auf.

Erwähnenswert ist das Interesse der Untersucher an der Akzeptanz der Spieler gegenüber den Orthesen. Dazu mussten diese einen Fragebogen ausfüllen, ob sie ein positives, negatives oder neutrales Tragegefühl empfanden. Zu Beginn der Studie beschrieben 48% der Spieler negative und 52% entweder positive oder indifferente Assoziationen. Nach der Spielzeit empfanden ca. 70% der Spieler das Tragen der Orthese positiv bzw. neutral. Diese Differenz ist signifikant.

Auch GREENE und WIGHT (1990) bezogen die subjektive Beurteilung der Probanden ein und untersuchten zudem noch die Auswirkung auf motorische Leistungen. Die von ihnen verwendete semirigide Orthese Air-Stirrup Ankle Training Brace zeigte eine signifikante Einschränkung der Rennfähigkeiten der Probanden, was sich in langsameren Basis-Rennzeiten bemerkbar machte, während die ebenfalls semirigide Stabilisierungshilfe Ankle Ligament Protector und die Schnürbandage Swede-O Ankle Brace keinen negativen Einfluss hatten. Die positivste Beurteilung der Orthesen bezüglich Tragekomfort, empfundener Stabilität und Beeinflussung der sportlichen Leistung durch die Probanden erhielt Ankle Ligament Protector.

AMOROSO et al. (1998) und SCHUMACHER et al. (2000) untersuchten die Stabilisierungseigenschaften einer außerhalb des Schuhs angebrachten Orthese (Parachute Ankle Brace) an Fallschirmspringern, da in dieser Berufsgruppe das Risiko einer Sprunggelenkverletzung während Landung und Sprüngen aus dem Flugzeug hoch ist.

AMOROSO et al. (1998) fanden signifikant weniger Umknicktraumen in der Kontrollgruppe (Risikorate Kontrollgruppe zu Studiengruppe 6.9:1, Inversionstraumen Kontrollgruppe 1.9%, Studiengruppe 0.3%), andere Sprunggelenkverletzungen (z.B. Syndesmosen-Traumen, Frakturen) blieben ohne signifikanten Unterschied.

SCHUMACHER et al. (2000) wiesen eine signifikante Reduzierung der Verletzungsrate um 67% nach (von 4.5/ 1.000 Sprünge auf 1.5/ 1.000). Die Rate der Sprunggelenkfrakturen konnte um 55% gesenkt werden.

### *3.3.3 Schuhe*

BARRETT und BILISKO (1995) forderten von einem präventiven Sportschuh, dass er den Inversionsstress, besonders bei plantarflexierten Positionen, einschränken, eine normale Sprunggelenksmobilität gewährleisten, adäquate propriozeptive Leistung bieten und den nötigen Beförderungsumfang gewährleisten soll. Zudem müsse der Schuh modisch, leicht, komfortabel und langlebig sein, sodass der Sportler auch willig ist, diesen zu tragen.

Inwieweit diesen Anforderungen in den ausgewählten Studien Rechnung getragen werden kann, soll im Folgenden aufgezeigt werden.

Die erste und bekannteste Studie hierzu stammt von GARRICK und REQUA (1970), die an 2.562 Basketballspielern über zwei Spielzeiten den Einfluß von hoch- und niedrigschäftigen Schuhen und Taping auf die Verletzungsinzidenz untersuchten.

Das Ergebnis zeigte die niedrigste Verletzungsrate in der Gruppe mit hochschäftigen Schuhen kombiniert mit Taping (Verletzungsreduktion im Bereich des Sprunggelenks 11-27%) und die schlechtesten Werte für die Spieler mit niedrigschäftigen Schuhen ohne Tapeverband. Da hier die Ergebnisse mit dem Taping gekoppelt sind, wird darauf genauer unter 3.3.5 eingegangen.

BARRETT et al. (1993) beobachteten prospektiv 569 College-Basketball-Spieler über eine Spielzeit, die speziell in die Gruppen

- a) häufige Umknicktraumen
- b) gelegentliche Umknicktraumen
- c) keine vorherigen Umknicktraumen eingeteilt wurden.

Die Probanden wurden zudem randomisiert in drei Gruppen aufgeteilt:

- 1) hochschäftige Schuhe
- 2) niedrigschäftige Schuhe
- 3) hochschäftige Schuhe mit aufblasbaren Luftpolstern.

Alle Spieler innerhalb einer Gruppe trugen den gleichen Basketballschuhtyp. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen hoch- und niedrigschäftigen Schuhen festgestellt werden (Verletzungsrate/ 10.000 Spielminuten für Gruppe 1) 4.80; 2) 4.06; 3) 2.69, was der Aussage nahekommt, dass keine bedeutende Beziehung zwischen Schuhtyp und dem Auftreten von Umknicktraumen besteht.

AVRAMAKIS et al. (2000) zeigten hingegen experimentell an 12 Floorball-Spielern, davon ca. 50% mit vorheriger Sprunggelenkproblematik, einen signifikanten Unterschied der Supinationsbewegung des Fußes im Schuh zwischen niedrigschäftigen (23.7°) und hochschäftigen Schuhen (12.3°), der Barfuß betrug im Vergleich 11.2°. Die signifikante Reduktion der Supination für den Fuß im hochschäftigen Schuh bestätigt die Ergebnisse von GARRICK und REQUA (1970).

In einem Artikel von STACOFF und STÜSSI (1993) wurde der Konstruktion der Schuhsohle besondere Beachtung geschenkt. Nach den Autoren sollte die Schuhsohle durch Deformation eine Art Rampe bilden, um das Verletzungsrisiko möglichst gering zu halten. Eine gute Schuhsohle sollte sich im medialen Auftreffbereich stark

deformieren, im lateralen Bereich gut abstützen und beide Funktionen abwechselnd gewährleisten können. Das Problem hierbei spielt die nicht richtungsgebundene Seitwärtsbewegung, die entweder zur Pronation oder Supination führt.

AVRAMAKIS et al. (2000) beschäftigten sich weiterhin mit dieser Problematik. Es wurde anhand von zwei Vergleichsschuhen („Prototyp“ mit anisotropen Sohleneigenschaften und „Handball“ mit niedriger Schuhsohle) untersucht, inwieweit die Stabilität von der Schuhsohlenhöhe beeinflusst wird. Eine geringe Schuhsohlenhöhe und anisotrope Sohleneigenschaften, d.h. laterale oder mediale Deformierung abhängig von der Bewegungsrichtung, zeigten eine positive Wirkung auf die Verringerung der Supination. Der Vergleichsschuh „Prototyp“ zeichnete sich dadurch aus, dass die Sohle medial mehr deformierte als lateral und dadurch die Bildung einer Rampe in die gewünschte Richtung ermöglichte. Demzufolge wäre es sinnvoll, für Sportarten mit häufigen und schnellen Seitwärtsbewegungen Schuhe mit dünnen Schuhsohlen zu verwenden, sofern die reduzierten Dämpfungseigenschaften der Schuhe dies erlauben (AVRAMAKIS et al. 1999).

Nach einer ebenfalls experimentellen Studie mit acht Basketballspielern empfehlen BRIZUELA et al. (1997) das Tragen hochschaftiger Schuhe bei Spielern mit einem erhöhten Verletzungsrisiko, z.B. durch eine gesteigerte Sprungfrequenz, häufige zurückprallende Bewegungen oder vorherige Verletzungen. Spieler, die weniger Sprünge und schnellere Bewegungen unter Gebrauch der vollen motorischen Kapazitäten durchführen, sollten besser niedrighschaftige Schuhe tragen. Die verwendeten Proto-Schuhtypen hatten die gleiche Sohle, Schuh A mit hohem Schaft, Fersenkonter sowie einem Hinterfuß-Schnür-System und Schuh B nur mit niedrigem Schaft. Bei dem durchgeführten Stoß-Dämpfungs-Test kam es mit Schuh A zu einer gesteigerten Vorderfußbelastung, also Aufprallkraft und signifikanten Reduzierung der motorischen Leistung, gemessen an der Sprunghöhe während eines Hürdenlaufs, aber einer niedrigeren Kraftübertragung auf die Tibia. Während der Landung lieferte Schuh A einen niedrigeren Eversionsumfang und weniger Plantarflexion, aber einen höheren Inversionswinkel.

Nach STACOFF und STÜSSI (1993) werden hohe Schuhschäfte propriozeptiv als angenehm empfunden, außer bei Sportarten mit großen Bewegungsexkursionen im

oberen Sprunggelenk wie Laufen, Fußball, Volleyball etc., bei denen die versteifende Wirkung des Schaftes störend wirkt. Bei Seitwärtsbewegungen kann die Supinationsbewegung mithilfe eines hohen Schaftes reduziert werden, wobei eine Schafthöhe bis über den Knöchel zu genügen scheint (STACOFF et al. 1985).

#### *3.3.4 Propriozeptives Training*

Die Propriozeption oder Tiefensensibilität bezeichnet nach HEINZ (2001) die Eigenwahrnehmung des Bewegungssystems, also das Empfinden von Stellung, Bewegung, Lageänderung und Kraftentwicklung im Bewegungssystem. Von Bedeutung hierbei ist der Teil des sensomotorischen Systems, der afferente Informationen von Rezeptoren der Gelenke, Haut, Muskeln oder Sehnen an das ZNS liefert.

Die meisten Inversionstraumen entstehen durch den Fußkontakt beim Landen, der unsachgemäßen Haltung des Fußes in der Luft vor dem Kontakt mit einer Oberfläche oder der unvorhergesehenen Platzierung des Fußes auf einer geneigten Oberfläche, zum Beispiel bei der Landung auf dem Fuß eines anderen Spielers nach einem Sprung im Sport. In diesen Fällen wird der Inversionsumfang subjektiv geringer empfunden, als er tatsächlich ist, womit auch die muskuläre Unterstützung inadäquat gegenüber der eigentlichen Fußposition wird (ROBBINS et al. 1997, BAHR et al 1994). Somit werden Umknicktraumen in der beeinträchtigten Propriozeption begründet, die aus einem mangelhaften Gebrauch der antizipatorischen muskulären Bewegungen unter dynamischen Konditionen resultiert, da nicht genügend Zeit für die Reaktion auf die aktuelle Belastung bleibt (ROBBINS und WAKED 1998).

Aus diesem Grund besteht die Prävention von Sprunggelenkverletzungen für einige Autoren in der Verbesserung des Bewusstseins für die Fußstellung und Orientierung der Plantaroberfläche relativ zum Bein.

Interessant in diesem Zusammenhang sind die Ideen von BAHR et al (1997), die Spielregeln, in diesem Fall im Volleyball, im Sinne der Verletzungsprävention zu ändern. Nach den Autoren ereignen sich Umknicktraumen hauptsächlich dann, wenn der Fuß des Spielers unterhalb des Netzes landet. In einer Art Regeländerungs-Experiment wurde diese Zone als ungültig erklärt und dies in einigen vorsaisonalen norwegischen Wettkämpfen getestet. Da es dadurch zu mehr Spiel-Unterbrechungen

kam, wurde von diesem Gedanken wieder Abstand genommen, obwohl BÄHR et al. (1997) diese modifizierte Regel in Übungen anwandten und eine Reduktion der Umknicktraumen erreichten. Eine andere Strategie bestand in der Identifizierung und Schulung sogenannter ‚Problem-Angreifer‘, welche beim abwehrenden Ballkontakt vornehmlich vorwärts und nicht gerade nach oben springen und somit eher unter das Netz geraten. Sie wurden sensibilisiert, durch einen längeren, annähernden Schritt dem Ball entgegenzugehen und dann erst gerade nach oben zu springen. Mit dieser Methode konnte eine zweifache Reduzierung der Inzidenz von Sprunggelenkverletzungen erzielt werden.

Wie bereits in 3.3.1 angesprochen, wiesen ROBBINS et al. (1995) nach, dass durch Taping im Sportschuh die subjektive Wahrnehmung der Fußposition v.a. bei- das Sprunggelenk betreffend- verletzungstypischen Oberflächenneigungen von mehr als 10° im Sinne eines genaueren Rückkopplungsbewußtseins positiv beeinflusst wird.

Die Probanden ohne Tape unterschätzten die Plantaroberflächenneigung vor der Übung (Netto-Messabweichung 3.95°) und noch zunehmend nach der Übung (4.81°).

Bei den Probanden, die mit einem Tapeverband versorgt wurden, war die Netto-Messabweichung vor der Übung neutral, nach den Übungen kam es zu einer moderaten Unterschätzung des eingestellten Neigungswinkels um nur 2.25°.

Begründet wird dies durch die Zugkraft des Verbandes, der eine Verbindung der Haut des Fußes mit der des Beins herstellt und so entweder durch sensible Signale über Rezeptoren der behaarten Haut oder direkt über die der Plantaroberfläche eine Orientierung für die Fußposition liefert.

Jedoch stellen die Autoren heraus, dass es im Vergleich zu der barfüßigen Situation zu einer 107.5%igen propriozeptiven Verschlechterung bei Probanden ohne Tape im Schuh und einer 58.1%igen bei getapeten beschuhten Probanden kam. Die Schlussfolgerung ist, dass durch das Tragen von Sportschuhen die mechanosensorische Wahrnehmung der Plantaroberfläche relativ zum Auftreffpunkt des Fußes beeinträchtigt ist. Durch die zusätzliche Verwendung eines Tapeverbandes kann diese Beeinträchtigung reduziert werden. Weiterführend sinnvoll wäre eine Verbesserung des Schuhdesigns.

JUNGE et al. (2002) stellten ein Präventions-Programm für Fußballspieler zusammen, das neben der Verwendung eines Tapeverbandes bei Spielern mit vorherigen Sprunggelenkverletzungen auch aus der Verbesserung des Trainings, der Bereitstellung optimalen Equipments, kontrollierter Rehabilitation, dem Ausschluss von Spielern mit ernststen Knieinstabilitäten und der Information der Spieler über die Wichtigkeit disziplinierten Spielens bestand. Zudem wurde die Aufsicht durch Ärzte und Physiotherapeuten verbessert. In der prospektiven Studie konnte gezeigt werden, dass die Verletzungsinzidenz pro 1.000 Stunden Training und Spiel in der Studiengruppe 6.7 und in der vom Präventionsprogramm nicht tangierten Kontrollgruppe 8.5 war, d.h. 21% weniger Verletzungen in der Studiengruppe. Obwohl es zu signifikant mehr Verletzungen pro Spieler pro Jahr in der Kontrollgruppe kam (1.18, Studiengruppe: 0.76), konnte kein signifikanter Unterschied von Sprunggelenkverletzungen zwischen den Gruppen festgestellt werden.

Auch die Entwicklung von bestimmten Trainingseinheiten und die Verwendung von ankle discs oder balance boards, sogenannter Kippbretter und deren Auswirkung auf die Propriozeption bzw. Verletzungsinzidenz wurden untersucht.

Diese Kippbretter werden vornehmlich zur Rehabilitation von Sprunggelenkdistorsionen durch Stärkung der verletzten Muskulatur und Ligamente verwendet.

WEDDERKOPP et al. (1999) konnten in einer kontrollierten Studie bei 237 Handballspielerinnen belegen, dass es unter Verwendung eines Trainingsprogramms mit ‚ankle disc‘ zu signifikant mehr Umknicktraumen in der Kontrollgruppe (n=126; 23) als in der Studiengruppe (n=111; 6) kam.

Das Training beinhaltete zwei oder mehr funktionelle Aktivitäten und Aufwärmübungen für alle bedeutenden Muskelgruppen der oberen und unteren Extremitäten sowie die Benutzung eines Kippbretts für 10 bis 15 Minuten. Bezogen auf alle auftretenden Verletzungen hatten die Spielerinnen in der Kontrollgruppe ein 5.9fach höheres Verletzungsrisiko als die der Studiengruppe.

In einer späteren kontrollierten Studie mit 163 Handballspielerinnen verglichen WEDDERKOPP et al. (2003) das Präventionsprogramm mit einem Kippbrett



kombiniert mit funktionellem Krafttraining gegenüber reinem Krafttraining über eine Spielzeit von 10 Monaten.

Die Ergebnisse zeigen eine vierfache, signifikante Reduzierung des Risikos einer traumatischen Verletzung des Körpers während eines Spiels, davon traten in der Studiengruppe (n=77) eine Sprunggelenkdistorsion und in der Kontrollgruppe (n=86) zwei Umknicktraumen auf.

Kohorten-Studien von BAHR et al (1997), JUNGE et al. (2002) und OLSEN et al. (2005) dokumentieren ebenfalls eine signifikante Reduktion der allgemeinen Verletzungshäufigkeit nach dem Anwenden propriozeptiver Trainingseinheiten mit Kippbrettern. Dabei war die Inzidenz für Sprunggelenkverletzungen nach JUNGE et al. nicht signifikant. BAHR et al. hingegen belegen eine signifikante Reduktion der Inzidenz von 0.9 auf 0.5/1.000 Spielstunden wie auch OLSEN et al., die eine fast 50%ige Verminderung der Verletzungsinzidenz für akute Sprunggelenks- und Knieverletzungen vorweisen.

VERHAGEN et al. (2004) zeigten in einer kontrollierten Studie bei 1.127 Volleyballspielern ebenfalls eine signifikant geringere Sprunggelenkverletzungsinzidenz (Kontrollgruppe: 0.9/1.000 Stunden, Studiengruppe 0.5/1.000), vor allem bei Spielern mit instabilen Sprunggelenken. Das Sprunggelenk war zudem das am häufigsten verletzte Körperteil.

Ein Trainingsprogramm bestand aus 14 Basisübungen für je ca. 15 Minuten mit und ohne Kippbrett und steigenden Schwierigkeitsgraden pro Woche. Es waren immer die gleichen wöchentlichen vier Grundübungen: ohne jegliche Hilfsmittel, ausschließlich mit einem Ball, ausschließlich mit dem Kippbrett, Kippbrett und Ball zusammen.

Auch in einer Kohortenstudie von PETERSEN et al. (2005) an 276 Handballerinnen war das Sprunggelenk in beiden Gruppen am häufigsten verletzt (Kontrollgruppe n=142, 12, Studiengruppe n=134, 8), davon am häufigsten Umknicktraumen (11 in Kontrollgruppe, 7 in Studiengruppe, nicht signifikant).

Im Rahmen einer prospektiven kontrollierten Studie konnte HEINZ (2001) durch die Anwendung eines propriozeptiven Reflexttrainings auf einem ‚Therapiekreisell‘ oder Kippbrett die Häufigkeit von Sprunggelenkdistorsionen oder fibularen Bandrupturen verringern und das Auftreten schwerer Supinationstraumen signifikant reduzieren.

Der propriozeptive Reflexstatus und der Status der sprunggelenksstabilisierenden Muskulatur konnten verbessert werden. 64 Basketballspieler wurden randomisiert den drei verschiedenen Gruppen zugeordnet: (1) chronisch rezidivierende Supinationstraumen und regelmäßiges Tragen von Tapeverbänden oder Orthesen, Versorgung mit einer Mikros-Sprunggelenkbandage, (2) propriozeptives Reflexttraining, (3) Kontrollgruppe.

Die Probanden mit vorgeschädigtem Sprunggelenk erlitten signifikant häufiger ein schweres Supinationstrauma. Zudem waren vorgeschädigte Sprunggelenke 3.1mal häufiger von einem Rezidivtrauma betroffen als unverletzte Sprunggelenke von einer Erstverletzung. Das Tragen der Mikros-Sprunggelenkbandage konnte das Auftreten fibularer Bandrupturen nicht verhindern.

HEINZ stellte ebenso fest, dass der häufigste Unfallmechanismus, der ein schweres Supinationstrauma im Basketballsport verursachte, durch das Landen nach einem Sprung auf einem fremden Fuß gekennzeichnet war.

### *3.3.5 Kombinationen verschiedener Stabilisierungshilfen*

#### *3.3.5.1 Kombination Tape/ Orthese, Bandage/ Schuhe*

Die Wirksamkeit des Tragens einer Schnürbandage und eines Tapeverbandes in Kombination mit Schuhen unterschiedlicher Schaftthöhen zur Prävention von Sprunggelenkverletzungen und Rezidivverletzungen wurde retrospektiv über einen Zeitraum von sechs Spielzeiten bei 297 Fußballspielern von ROVERE et al. (1988) untersucht. Für 1,5 Jahre trugen die Probanden einen Tapeverband, in den verbleibenden 4,5 Jahren wählten sie zwischen Tape oder einer Schnürbandage aus und konnten auch zwischen den beiden Stabilisierungshilfen wechseln. Zudem entschieden sich die Spieler zwischen einem hoch- und niedrigschaftigen Schuh und konnten diesen auch wechseln, das vermerkt wurde. 233 Spieler trugen den Tapeverband (Expositionszeit 38.659), 127 die selbst applizierte Bandage (Expositionszeit 13.273) und eine kleine Gruppe trug keines der verwendeten Hilfen, darunter ein barfußiger Spieler. Die Expositionszeiten für niedrigschaftige Schuhe betragen 36.565, die für hochschaftige Schuhe 14.700. Es kam zu insgesamt 224 Sprunggelenkverletzungen, davon 195 Inversionstraumen (32 in Bandage-Gruppe, 147 in Tape-Gruppe). Beim

Tragen der Schnürbandage kam es zu einem signifikant geringeren Verletzungsrisiko im Vergleich zum Taping (0.42 versus 0.85), unabhängig der verschiedenen Spieler-Positionen. 24 Probanden erlitten eine Rezidivverletzung, wovon 23 mit einem Tapeverband versorgt waren. Die Autoren belegen einen signifikanten Unterschied der Verletzungsrate zwischen niedrig- und hochschäftigen Schuhen, hingegen aber keine signifikanten Ergebnisse zwischen dem Schuhtyp und den verwendeten Stabilisierungshilfen. Somit liefern die Bandage beziehungsweise niedrigschäftige Schuhe einen signifikant höheren Schutz vor Verletzungen als der Tapeverband beziehungsweise hochschäftige Schuhe, unabhängig der verwendeten Kombinationen. Während der Anwendung des Tapeverbandes ereigneten sich 159 Sprunggelenkverletzungen und 23 Wiederverletzungen verglichen mit der Bandage, unter deren Anwendung 37 Sprunggelenkverletzungen und eine Rezidivverletzung stattfanden. Die besten Resultate lieferte die Kombination niedrigschäftiger Schuh mit Bandage, gefolgt von hochschäftigem Schuh mit Bandage oder niedrigschäftigem Schuh mit Tape (kein signifikanter Unterschied) sowie letztlich der hochschäftige Schuh mit Tape.

Diese Ergebnisse widersprechen den Ergebnissen von GARRICK und REQUA (1973), die die niedrigste Verletzungsinzidenz bei Basketballspielern feststellten, die eine Kombination eines Tapeverbandes mit hochschäftigen Schuhen trugen.

Die Autoren begründen ihre Ergebnisse unter anderem damit, dass eine Bandage in einem niedrigschäftigen Schuh wesentlich leichter wiederzubefestigen sei als in einem hochschäftigen Schuh.

#### *3.3.5.2 Vergleich Tape/ Orthese, Bandage*

GREENE und HILLMANN (1990) verglichen in einer randomisierten kontrollierten Studie Taping (basketweave) mit einer semirigiden Orthese (Ankle Ligament Protector) bezüglich des Bewegungsumfanges von Inversion und Eversion miteinander. Die 7 männlichen Probanden im Alter zwischen 18 und 21 Jahren (keine Profi-Sportler) mit stabilen Sprunggelenken trugen alle den gleichen niedrigschäftigen Schuh. Während des statischen Versuchsaufbaus wurde der passive Bewegungsumfang vor der Applikation, vor der Übung (Volleyball-Sprungübungen), nach 20minütiger Übung, nach 60minütiger Übung und nach der kompletten dreistündigen Übung gemessen. Dabei konnten sie herausstellen, dass initial zwar beide Stabilisierungshilfen eine

signifikante Bewegungseinschränkung bieten (Tape 41%, Orthese 42%), aber nur die Orthese eine signifikante Bewegungsrestriktion nach der dreistündigen Übung lieferte (Orthese 37%, Tape 15%). Allerdings nahm die Einschränkung der Eversion für die Orthese bis zum Ende der Übungen signifikant ab, nicht jedoch die der Inversion. Der maximale Restriktionsverlust des Tapeverbandes lag schon nach der 20minütigen Übung vor.

In einer ebenfalls kontrollierten Studie verglichen GROSS et al (1994) die gleiche Orthese mit einer neueren Tapingmethode, dem sogenannten ‚subtalar sling‘ unter der Verwendung verschiedener Materialien und Hersteller. Die Messungen der passiven Inversions- und Eversionsbewegungen wurden wieder vor der Applikation, nach der Applikation, nach 10minütiger Übung (Rennen einer Achterfigur) und nach 20 unilateralen Plantarflexions-Versuchen (Zehen heben) durchgeführt, wobei jeder Proband seine gewöhnlichen Sportschuhe trug (keine Angaben zur Schafthöhe). Entsprechend der Ergebnisse von GREENE und HILLMANN (1990) formulieren die Autoren eine signifikante Reduktion von Eversion und Inversion direkt nach der Applikation sowie nach den Übungen verglichen mit der Situation vor Applikation. Allerdings bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen Tape und Orthese. Die Eversion nahm nach der Applikation bei beiden Stabilisierungshilfen im Laufe der Übungen signifikant zu.

Bezüglich des Tragekomforts wurde der Orthese durch die Probanden der Vorzug gegeben, dem Tapeverband hinsichtlich der empfundenen Stabilität.

JEROSCH et al. (1995) und MÜLLER und HINTERMANN (1996) indessen zeigten, dass der Tapeverband beziehungsweise eine Mikros-Schnürbandage keine effektive Bewegungseinschränkung liefern konnten. MÜLLER und HINTERMANN verwendeten zusätzlich einen Künzli- Stabilschuh als Stabilisierungshilfe und differenzierten die Ergebnisse zwischen Abduktion und Adduktion. Nach den Autoren ist die Supination des Fußes eine kombinierte Bewegung von Inversion und Adduktion des Fußes, die mit Plantarflexion zunimmt. In dieser Beziehung zeigte der Stabilschuh die signifikant besten Werte, die Mikros-Schnürbandage und der Tapeverband schnitten bei plantarflexiertem Fuß schlechter ab. Bezüglich der Abduktion erzielte die Bandage die besten Werte.

JEROSCH et al. (1995) zeigten zudem eine signifikante Verbesserung der propriozeptiven Fähigkeiten der Probanden durch die Aircast-Stirrup-Sports-Brace und Mikros-Schnürbandage, was durch einen Einbein-Stand-Test, Einbein-Sprungparcour-Test und Winkelreproduktionstest geprüft wurde.

In weiteren Studien von RIEMANN et al. (2002), GROSS et al. (1987) und BUNCH et al. (1985) wurden ebenso beiden Stabilisierungshilfen effektive Präventionseigenschaften nachgewiesen. Ähnlich der oben genannten Versuchsaufbauten wurden Messungen sowohl vor der Applikation als auch danach und nach verschiedenen langen sportlichen Übungen vorgenommen.

In der anfänglich erwähnten Untersuchung wurde eine semirigide Orthese (AirSport ankle brace) mit der Tapemethode gibney basket weave verglichen. Mittels einer piezoelektrischen Kistler-Kraftmessplatte wurden die vertikalen Bodenreaktionskräfte oder ‚vertical ground reaction force‘ gemessen und analysiert und ergaben, dass durch Tape und Orthese die Maximalkräfte, die beim Bodenkontakt entstehen, schneller erreicht wurden und das muskuloskelettale System so entlastet werden konnte. Explizite Angaben zu Auswirkungen auf das Verletzungsrisiko des Sprunggelenks wurden nicht getroffen.

In einer ähnlichen, ebenfalls experimentellen Studie von HOPPER et al. (1999) wurden eine Schnürbandage (Swede-O-Brace) mit einem Tape (figure-of-6 mit Fersenschlinge) bei 15 Netzballspielerinnen verglichen. Hierbei ergab sich eine Tendenz einer verkürzten Zeit bis zum Erreichen der vertikalen Maximalkräfte, besonders beim Tragen der Bandage. Allerdings sind die Ergebnisse nicht in einer solchen Größenordnung, um Rückschlüsse auf die Beeinflussung der Fußposition beim Landen zu ziehen oder entscheidend die Zeit bis zum Erreichen des vertikalen Krafthöhepunkt zu beeinflussen, was die Wahrscheinlichkeit einer Sprunggelenksverletzung zu reduzieren vermag, so die Verfasser.

BUNCH et al. (1985) untersuchten fünf verschiedene Schnürbandagen (Mikros 9 Inch, Swede-O, Ank-L-Aid, Mikros 7 Inch, Cramer Stabilizer) mit einem Tapeverband sowie Baumwollumwicklungen an einem Polyurethan-Fußmodell, dessen Design nach den Autoren den Vergleich mit einem Fuß in einem hochschäftigen Basketballschuh erlaubt.

Der Tapeverband brachte initial die größte Bewegungseinschränkung, zeigte nach den Übungen jedoch bestätigenderweise auch den größten Restriktionsverlust. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen Tape und den zwei besten Orthesen (Mikros 9 Inch, Swede-O) hinsichtlich der Stabilisierung nach 350 Inversions-Durchgängen von 30° (entspricht etwa einer 20minütigen Übung).

Im Rahmen einer kontrollierten Studie belegten GROSS et al. (1987) eine signifikante Bewegungseinschränkung sowohl sofort nach der Applikation für die halbstarre Orthese AirStirrup und die Tapingmethode basketweave als auch nach den Übungen ausschließlich für die Orthese, was die Ergebnisse von GREENE und HILLMANN (1990) bestätigt.

Die Taping-Variante Hinton-Boswell lieferte in einer experimentellen Studie von FRANKENY et al. (1993) bei der plantarflexierten Inversionsbewegung die höchste Restriktion, gefolgt von basketweave und basic, der Gill-Methode und zuletzt der Schnürbandage analog dem Zustand ohne Tape. Während der dorsiflexierten Inversion wiesen basketweave und basic die höchste Bewegungseinschränkung auf. Die Verfasser geben an, dass mit der Hinton-Boswell-Methode das Sprunggelenk in einer relaxten Plantarflexion fixiert wird, hingegen die anderen Praktiken eine extreme dorsiflexierte Position ergeben, in der der Fuß am stabilsten sei. Nach der 15minütigen Übung kam es jedoch bei allen Tapingvarianten zu einem circa 50%igen Restriktionsverlust. Weiterhin wurden drei verschiedene Hautvorbehandlungen angewandt, wonach mit Benzoe-Tinktur die Leistungsfähigkeit des Tapings, verglichen mit einer Schaumstoffumwicklung oder dem direkten Aufbringen, gesteigert werden konnte. Die Selbstkritik der Autoren wird in der schrittweisen, nicht mit athletischen und wettkampfähnlichen Voraussetzungen identischen Gewichtszuführung zur Simulation einer Inversion angeführt.

In einer experimentellen Studie von BRÖCKER (2001) wurden vier halbstarre (Malleoloc, mediMac, Aircast, Antiv), zwei starre (Caligamed, Dyna-Ankle), zwei weiche (Mikros-OV, RocketSoc) Orthesen und ein Tapeverband an 19 Sportlern miteinander verglichen. Das Ergebnis zeigt die besten Ergebnisse für die starren Orthesen Dyna-Ankle (Reduktion des Supinationswinkels um 61%) und Caligamed (Reduktion 51%), beide zeigten im direkten Einzelvergleich gegenüber allen anderen Methoden die signifikant besseren Reduktionswerte. Als zweitbeste halbstarre Orthesen

schnitten Antiv und Malleoloc (je 41% Reduktion) ab, gefolgt von den halbstarren Orthesen Aircast und mediMAC sowie den weichen Orthesen Mikros und RocketSoc mit 33-36% Reduktion. Das Tape zeigte das signifikant schlechteste Ergebnis mit 17% Reduktion. Die Messungen des Bewegungsumfanges und der Bewegungsausführung wurden mit dem Cybex Dynamometer und zusätzlichen Röntgen-Aufnahmen im Halteapparat nach Scheuba im Anschluss an Rückwärtssprünge auf eine 20° geneigte Rampe getätigt. Vom Autor wird dieses Ergebnis unter anderem mit der unterschiedlichen Konstruktion der rigiden bzw. semirigiden und weichen Orthesen begründet, da die rigide Variante mit der festen Fersenschale neben der lateralen Stabilisation zusätzlich durch den Angriffspunkt auf den Rückfuß auch eine antispinatorische Wirkung bietet.

Ähnlich dem Effekt der lateralen Stabilisierung durch den festen Kunststoff bei semirigiden Orthesen ist dies auch bei den weichen der Ansatzpunkt, wobei die Hauptwirkung in der Stimulation und Verbesserung der propriozeptiven Schutzreflexe der Peronealmuskulatur begründet liegt. Ebenso kann die eher pronatorische Fußhaltung zu einer Verminderung des Supinationswinkels durch die günstigere Ausgangsposition für die Landung während der Flugphase führen.

MYBURGH et al. (1984) konnten in einer experimentellen Studie mit 12 Squashspielern keine signifikanten sprunggelenkprotektiven Eigenschaften eines elastischen Tapes, eines Zinkoxid- Tapes (Techniken basketweave, stirrup und heel locks) und zweier elastischer Stützhilfen (Ace ankle support, Futuro ankle brace) nachweisen. Lediglich vor der Übung zeigten beide Tapes eine signifikante Bewegungseinschränkung von 20-40% ähnlich den Ergebnissen von FUMICH et al. (1981), während diese nach drei Stunden Fußballspiel eine reduzierte Restriktion um 15% aufzeigten, MYBURGH et al. (1984) bereits nach einer Stunde Squash 10% Verlust ermittelten. Begründet wird dieses unterschiedliche Ergebnis durch den höheren einwirkenden Stress auf das Sprunggelenk während eines kontinuierlichen Squashspiels als bei der unterbrochenen Aktivität während eines Fußballspiels.

Nach 10minütiger Übung (während eines einstündigen Squashmatches) wies der elastische Tapeverband einen höheren Stabilitätsverlust als das Zinkoxid-Tape auf. Nach einer Stunde Spiel kam es zu keiner signifikanten Restriktion beider Tapes mehr (10-20%). Die Unterschiede zwischen Tape und Bandage werden unter anderem

damit begründet, dass letztere eine gewisse Elastizität vorweisen muss, um über das Sprunggelenk appliziert werden zu können, wodurch ein Teil der stabilisierenden Wirkung eingebüßt wird. Das ist beim Tape durch die Umwicklungstechnik nicht der Fall.

Die subjektive Beurteilung durch die Probanden ging zugunsten des elastischen Tapeverbandes. Nach den Verfassern haben Stabilisierungshilfen nicht nur einen messbaren verletzungspräventiven, sondern neben dem propriozeptiven auch einen psychologischen Effekt. Sportler, die an chronischer Sprunggelenkinstabilität leiden, gewinnen durch die Applikation wieder Vertrauen in die Fähigkeiten ihres Sprunggelenks und damit ihrer motorischen Leistungen.

### *3.3.5.3 Vergleich Propriozeptives Training/ Orthese, Bandage*

In einer kontrollierten Studie an 450 Fußballspielern konnten TROPP et al. (1985) nachweisen, dass propriozeptives Reflextraining auf einem Kippbrett sowie die Anwendung einer semirigiden Orthese die Häufigkeit von Supinationstraumen statistisch signifikant zu reduzieren vermögen. Im Vergleich von stabilem zu instabilem Sprunggelenk ergab sich eine Verletzungsinzidenz des Sprunggelenks von 3% bzw. 2% für die Orthese, 5% bei beiden für das propriozeptive Training und 11% bzw. 25% in der Kontrollgruppe. Diese Ergebnisse bedeuten, dass ein regelmäßiges propriozeptives Training das Auftreten von Inversionstraumen bei Spielern mit Sprunggelenkproblemen auf das gleiche Niveau wie das der Spieler mit gesunden Sprunggelenken ohne regelmäßiges Training oder auf das der Spieler mit einer Orthese in Wettkampf oder Training reduzieren kann.

Die Autoren definieren Sprunggelenkprobleme als eine positive Anamnese bezüglich Supinationstraumen während der vergangenen zwei Spielzeiten, eine anteriore Sprunggelenkinstabilität oder ein starkes Unsicherheitsgefühl („giving way“).

Kritische Betrachtungen an dieser Studie sind die randomisierte Zuordnung ganzer Fußballmannschaften und nicht einzelner Probanden zu den drei Gruppen sowie die jeweils unterschiedliche Probandenanzahl. Zudem konnten die Spieler in der Orthesengruppe das Tragen selbst entscheiden, in der Studiengruppe mit Reflextraining führten nur die Spieler mit vorbestehenden Sprunggelenkproblemen regelmäßig diese Übungen durch.



Eine andere kontrollierte Studie von STASINOPOULOS (2004) belegt ebenso eine effektive Wirkung auf die Verletzungsprävention bei Volleyballspielern, wobei die verwendete Orthese (Sport Stirrup) bei Sportlern mit mehr als drei vorherigen Sprunggelenkverletzungen keine nennenswerte Reduktion von Sprunggelenkverletzungen bot, sondern eher das im Vergleich verwendete technische (Abblocken, Annahme) und propriozeptive Training (Kippbrett). Zur Signifikanz sind keine konkreten Angaben ersichtlich.

#### *3.3.5.4 Kombination Tape/ Schuhe*

Die oft zitierte kontrollierte Studie von GARRICK und REQUA (1973) dokumentierte alle auftretenden Verletzungen unter dem Einfluß von hoch- und niedrigschaftigen Schuhen und Taping bei 2.562 Basketballern über zwei Spielzeiten (1972-1973). Das Taping wurde an beiden Sprunggelenken mit J-Wrap (Schaumstoff) und Zinkoxid-adhäsivem Tape (figure-of-8 und horseshoe) oder mit einem elastischem Einmal-Material durchgeführt. Die Verletzungs-Basis-Daten wurden während des ersten Spieljahres aufgezeichnet, erst während des zweiten Jahres wurden Spieler und Teams, die teilnehmen wollten, randomisiert in vier Gruppen aufgeteilt (Tape/ kein Tape, mit hochschaftigen/ niedrigschaftigen Schuhen). Anschließend erfolgte eine Unterteilung der Spieler in drei Gruppen zur Analyse (keine vorherigen, gelegentliche oder häufige Sprunggelenk- oder Knieverletzungen). 2.6% der Spieler berichteten über derartige Verletzungen, 45.4% davon gaben an, einen Tapeverband während der Spielzeit getragen zu haben. Die höchste Verletzungsinzidenz ergab sich für niedrigschaftige Schuhe ohne Tape (Inzidenz Umknicktraumen 33.4/ 1000 Spielstunden), gefolgt von hochschaftigen Schuhen (30.4/ 1.000), niedrigschaftigen Schuhen und Taping (17.6/ 1.000) und als beste hochschaftige Schuhe und Taping (6.5/ 1.000). Die Schafthöhe erscheint demnach im Vergleich zur Relevanz des Tapings weniger bedeutend, allerdings wies die Gruppe mit vorherigen Sprunggelenkproblemen und hochschaftigen Schuhen eine um die Hälfte geringere Verletzungsinzidenz auf als die mit niedrigem Schuhschaft. Spieler mit vorherigen Supinationstraumen waren zweifach häufiger (27.7/ 1.000) von einer Wiederverletzung betroffen als die mit stabilen Sprunggelenken (13.9/ 1.000).

### *3.4 Wirkung externer Stabilisierungshilfen auf die motorische und funktionelle Leistung*

Der mögliche Einfluss auf die Leistungsfähigkeit bzw. sportliche ‚Performance‘, vor allem in kompetitiven Sportarten und im Hochleistungssport, ist für die Entscheidung für eine der angebotenen Sprunggelenkshilfen maßgebend und wird von Trainern und Spielern meist einer kritischen Abwägung unterzogen.

Die Problematik, die motorischen Leistungen könnten durch die Applikation und der damit verbundenen Bewegungseinschränkung negativ beeinflusst werden, wird in der Literatur unterschiedlich beschrieben und analysiert.

Wie bereits angesprochen, konnten BRIZUELA et al. (1997) eine signifikante Reduzierung der motorischen Leistung, gemessen an der Sprunghöhe und den Zeiten während eines Hürdenlaufs, feststellen. Der verwendete hochschaffige Schuhtyp zeigte die schlechteren Werte als der niedrigschaffige (Differenz 3%).

ROBINSON et al. (1986) verwendeten in einem Hindernislauf einen hohen Basketballschuh ohne Stabilisierung und drei weitere hohe Basketballschuhe, die mit Hilfe von Verstärkungstreifen einen ansteigenden Stabilsierungsgrad erhielten (Schuh 1 bis 3). Es konnte gezeigt werden, dass die Probanden mit den stabilisierten Schuhen schlechtere Werte erzielten als mit dem Schuh ohne Stütze. Dabei korrelierte der Zeitverlust mit dem Stabilisierungsgrad der Schuhe.

BURKS et al. (1991) testeten die Orthesen Swede- O, Kallassy und Taping während Weitsprung, Hochsprung, 9 Metern Geschicklichkeitslauf (sogenannter ‚shuttle run‘) und 36 Metern Sprint.

Allgemein konnte festgestellt werden, dass die Leistungen ohne Stützen durchweg besser waren.

Im Gegensatz zum extern unstabilierten Sprunggelenk reduzierte der Tapeverband signifikant die Leistung außer beim Weitsprung, die Orthese Swede- O signifikant alle Übungen außer ‚shuttle run‘ und die Orthese Kallassy signifikant im Hochsprung. Die Reduktion der sportlichen Leistungsfähigkeit ist nach den Autoren allerdings zu gering, d.h. nicht signifikant, um das prophylaktische Stabilisieren von Sprunggelenken abzulehnen. Die beste sportliche Leistungsfähigkeit bewiesen die Probanden, die keine der Stabilisierungshilfen trugen. Subjektiv wurde Kallassy als am komfortabelsten und

die Leistungsfähigkeit am wenigsten beeinflussend empfunden. Die Autoren gaben jedoch zu bedenken, dass dies auch einen geringeren Verletzungsschutz zur Folge haben könnte.

Im Gegensatz dazu belegten VERBRUGGE et al. (1996) und MACPHERSON et al. (1995) keine signifikanten Auswirkungen auf die motorischen Leistungen von externen Stabilisierungshilfen im Vergleich mit der unstabilisierten Variante.

VERBRUGGE et al. (1996) untersuchten Wendigkeit, 36 Meter Sprint und Hochsprung während des Tragens der Orthese Aircast Sports Stirrup und Taping. Subjektiv erfolgte eine Bewertung durch die Probanden für die Orthese hinsichtlich des Tragekomforts im Vergleich zum Tape.

MACPHERSON et al. (1995) prüften Aircast Sports Stirrup und DonJoy Rocket Soc während Hochsprung, 36 Metern Sprint und 18 Metern shuttle run.

GROSS et al. (1997) verglichen DonJoy ALP und sowie den unstabilisierten Fuß bezüglich der motorischen Auswirkungen während eines 40 Meter Sprints, eines Achterlaufs und senkrechten Sprüngen aus dem Stand. Keine der beiden Orthesen hatte einen statistisch signifikanten Einfluss auf eine der verschiedenen Lauf- und Sprungdisziplinen.

Subjektiv gaben die Probanden Aircast Sports Stirrup hinsichtlich Komfort und empfundener Stabilisierung den Vorzug.

In der bereits aufgeführten Studie von GREENE und WIGHT (1990) beeinflussten ALP (Ankle Ligament Protector) und Swede-O-Brace die Basis-Rennzeiten (also Schnelligkeit) nicht signifikant negativ, während die Orthese Air-Stirrup diese signifikant verringerte. Die Verfasser begründen dies unter anderem mit dem unterschiedlichen Gewicht der Orthesen (Größe Medium) einbezogen aller Einlagen und Straps (ALP 0.089kg, AirStirrup 0.161kg und Swede-O 0.180kg). Zudem, das scheint ausschlaggebend zu sein, wirken die Materialien von ALP und Swede-O weniger sperrig und stromlinienförmiger als die der Air-Stirrup, die zusätzlich mit einem Air-Dämpfungszyylinder und rigiden Hilfsmitteln ausgestattet ist.

In einer weiteren Studie kamen PIENKOWSKI et al. (1995) zu dem Ergebnis, dass die von ihnen getesteten Orthesen (Universal Swede-O, AirStirrup und Kallassy) keinerlei negative Auswirkungen auf sportliche Leistungen hatten. Sie testeten männliche Basketballspieler in zwei Lauf- und zwei Sprungdisziplinen. Die Probanden wurden pro Orthese zweimal getestet. Zwischen diesen Tests trugen sie die jeweilige Orthese eine Woche bei Saison-Spielen und beim Training. Zum Vergleich diente die Messung ohne Stabilisierungshilfe. Man fand lediglich einen kleinen, nicht signifikanten Unterschied zwischen den Ergebnissen vor und nach einer Woche Gewöhnung. Die Autoren wiesen auf die Wichtigkeit der Frage hin, ob Sportler mit einer Orthese eine Gewöhnungszeit mit Extratraining zur Verbesserung ihrer Leistungsfähigkeit benötigen.

In keiner der ausgewählten Studien konnte eine Verbesserung der sportlichen Leistungsfähigkeiten gezeigt werden. Jedoch beschreiben JEROSCH et al. (1997) durch die Verwendung einer Aircast-Schiene, Ligafix-Air-Schiene, Malleoloc-Schiene sowie eines Tapeverbandes eine Verbesserung der sportmotorischen Eigenschaften bei Probanden mit ehemaliger Sprunggelenksverletzung. Sie untersuchten mittels eines speziell entwickelten Sprungparcourtests die Standsicherheit und Reaktionszeit und zeigten bei funktionell instabilen Sprunggelenken ein Defizit der sportmotorischen Leistungsfähigkeiten auf. Die Messergebnisse der Rücksprungszeiten der verletzten Probandengruppe zeigten für alle Stabilisierungshilfen sogar bessere Zeiten als ohne. Die schlechteren Zeiten lassen sich nach den Autoren durch eine längere Standzeit zur Stabilisierung nach der Landung erklären. Der Hinsprung hingegen zeigte keine statistisch aussagekräftigen Unterschiede, da in erster Linie die Reaktionszeit der Probanden als leistungslimitierender Faktor anzusehen sei. Daher liegt nach den Verfassern die Vermutung nahe, dass aufgrund des propriozeptiven Defizits die Standsicherheit bei Probanden nach Sprunggelenkverletzungen schlechter ist.

Es konnte kein negativer Effekt der verwendeten Stabilisierungshilfen auf die für den Sprungtest notwendige Leistungsfähigkeit für die Gruppe der Probanden mit gesunden Sprunggelenken nachgewiesen werden.

Bei der subjektiven Bewertung bezüglich Sitzkomfort und Bequemlichkeit schnitt die Aircast-Schiene am besten ab, gefolgt vom Tapeverband, der Ligafix-Schiene und der Malleoloc-Schiene.

### *3.5 Kosten externer Stabilisierungshilfen*

Ein bedeutendes Entscheidungskriterium für oder gegen eine der auf dem Markt befindlichen externen Stabilisierungshilfen ist der ökonomische Aspekt.

Die meist knappen und geschätzten Angaben dazu aus den vorhandenen Studien sollen hier nur kurz erläutert werden. Hierbei ergibt sich die Tendenz, dass die Applikation von Orthesen und Bandagen bedeutend kostengünstiger ist als die Anwendung eines Tapeverbandes, sowohl die Prophylaxe als auch die Behandlung von Sprunggelenkverletzungen betreffend.

SURVE et al. (1994) geben an, dass Taping (bei Fußballspielern) bei jeder Übung und jedem Match sowohl teuer ist als auch die Mitarbeit einer mit der Applikation vertrauten Person beansprucht. Demgegenüber steht nach den Autoren der Gebrauch einer (hier semirigiden) wieder verwendbaren Orthese, die, angewandt über einen längeren Zeitraum, billiger ist und vom Spieler selbst befestigt werden kann.

Die Nachteile des Taping zeigen auch BURKS et al. (1991) im Hinblick auf Kosten und Zeitaufwand für die Anbringung. Die Autoren nehmen an, dass allein an der University of Utah in einer Fußballsaison 16.000 Rollen Tape gebraucht werden. Für die Anbringung sind 1.200 bis 1.500 Stunden notwendig, die Kosten/ Jahr betragen somit ca. \$16.000.

JEROSCH et al. (1996) bestätigten in einer Studie ihre Hypothese, dass die regelmäßige und langandauernde Anwendung von Orthesen billiger ist als Taping, vor allem in risikoreichen Bevölkerungsschichten, wie es z.B. im Hochleistungssport der Fall ist.

Um eine Kalkulation der direkten Kosten zu treffen, müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden. Die Gesundheitssysteme beispielsweise in den USA, Deutschland oder Großbritannien sind verschieden und damit auch die entstehenden Liquidationen. Zudem kommen noch landesinterne Differenzen etwa zwischen Kassen- oder Privatversicherten etc. hinzu. Um die prophylaktische Stabilisierung des Sprunggelenks oder die Behandlung einer Sprunggelenkverletzung in Relation setzen zu können, beziehen sich die Autoren auf eine Untersuchung von SOMMER und

SCHREIBER (1993). Diese berichten, dass die kostengünstigste Behandlungsmethode eines Umknicktraumas die sofortige Applikation einer Orthese sei, verglichen mit einer Versorgung durch Gips und/ oder Tape. Ein Tag Krankenhausaufenthalt ist teurer als jede konservative Methode. Bezüglich der indirekten Kosten ergibt sich, dass der Patient im Idealfall (mit konservativer Behandlung und früher Rehabilitation) durchschnittlich 17.7 Tage arbeitsunfähig ist. Berücksichtigt der Tatsache, dass ein arbeitsfreier Tag in Deutschland durchschnittlich DM200 (~ €102) kostet, ergibt sich ein Verlust von DM3.540 (~ €1.810). Nach den Autoren könnte eine Reduzierung der Inzidenz von bis zu 30/ 1.000 sportlichen Expositionen von Umknicktraumen durch das prophylaktische Tragen einer Orthese eine Kostenersparnis von bis zu DM106.200 (~ €54.299) pro 1.000 sportlichen Expositionen erbringen.

POPE et al. (1987) berichten, dass einige Amerikanische Football- Teams bis zu \$50.000 pro Jahr für Tapeverbände ausgeben.

ROVERE et al. (1988) beschreiben ebenfalls mehr Nachteile für den Tapeverband als für die hier verwendete Schnürbandage. Zum einen werden ein Underwrap und ein Hautgleitgel benötigt, zum anderen Fersen- und Schnürpolster, eine geübte Applikation und ein scharfer Gegenstand für die Entfernung. Die Materialkosten belaufen sich auf geschätzte \$1,75 pro Sprunggelenk, das bedeutet für beide Sprunggelenke eines Football-Spielers in einer Spielzeit mehr als \$400. Ein Paar wieder verwendbare Schnürbandagen kosten \$32. Bei Benötigung von zwei Paar pro Spieler über eine Spielzeit entstehen Ausgaben von \$64.

Nach einer Kosten-Nutzen-Analyse ermittelten OLMSTED et al. (2004), dass die Anwendung von Taping im Verlauf einer Wettkampfsaison 3.05fach teurer ist als die einer Orthese. Die Autoren beziehen sich auch auf eine Untersuchung von GARRICK und REQUA (1973), bei der die Kosten für Taping von 26 Sportlern mit instabilen Sprunggelenken über eine Spielzeit bei \$2.778 lagen, hingegen die für die Anwendung einer Orthese bei \$910.

Ähnliches beschreiben SITLER et al. (1994) bei 18 Sportlern mit instabilen Sprunggelenken und Taping (\$1.923) und bei Verwendung einer Orthese (\$630).

Weiterhin geben SURVE et al. (1994) für die Versorgung bei fünf Sportlern die Kosten mit einem Tapeverband mit \$4.534 und die für Orthese mit \$175 an.

Laut einer Veröffentlichung des BIV (Bundesinnungsverband) lag der Umsatz an orthopädischen Hilfsmitteln im Jahr 2001 in Deutschland bei ~Mrd. €1,38. Auf Basis von Einkaufspreisen (~ 50% des Umsatzes) lag demnach das Gesamtmarktvolumen bei ~Mrd. €690. Laut einer Statistik der AOK Berlin entfallen ~29% der Hilfsmittelversorgung auf Orthesen und Bandagen. Damit ergibt sich ein Gesamtmarktvolumen in Deutschland von geschätzt Mio. €200.

Das europaweite Marktvolumen für Bandagen und Orthesen liegt bei ~Mio. \$333 (Frost und Sullivan, 2003), Tendenz steigend.

Hierbei kann allerdings keine Differenzierung in prophylaktisch oder therapeutisch verwendete Orthesen und Bandagen getroffen werden.

## 4 Diskussion

### 4.1 Problematik der Beurteilung von Studiendesign und Evidenz

Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Primären Studien wurden entsprechend der geltenden Evidenzklassifikation nach Cochrane eingeteilt.

Mit steigendem Evidenzgrad und damit steigender Validität nehmen die Voraussetzungen zu, systematische Fehler und somit verzerrte Ergebnisse zu vermeiden.

Hierbei wurde kein quantitatives, statistisches Auswertungsverfahren verwendet, sondern eine qualitativ subjektive Einschätzung vorgenommen.

Mittels der Durchsichtung der Studien, Auswertung der Autorenangaben sowie Beurteilung der Qualität der dargestellten Methodik und statistischen Verfahren und Daten erfolgte eine Bewertung von Gültigkeit und Übertragbarkeit der gewonnenen Studienergebnisse.

Dabei ergibt sich die Problematik der Vergleichbarkeit der ausgewählten Studien und damit die kritisch zu betrachtende Verallgemeinerung der Studienergebnisse, die für eine Gesamtaussage notwendig ist.

Die folgenden Ausführungen sollen verdeutlichen, dass teilweise unvermeidbare Kompromisslösungen getroffen werden mussten.

Kritische Ansatzpunkte hierbei stellen u.a. dar:

- a) Vergleichbarkeit der externen und internen Validität der verschiedenen Studien (Ausgangslagen, Behandlungsdurchführungen und -dauer, Methoden zur Optimierung der Ergebnisqualität, eingesetzte Interventionsmittel, Auswahlkriterien/ Anzahl des Probandenguts, Angaben zu demographischen und klinischen/ physiologischen Charakteristika der Probanden, Anzahl der ‚drop-outs‘, also ausscheidender Probanden, Randomisierungsmethoden/ Verblindung wenn vorhanden, statistische Methoden, Generalisierbarkeit der Studienergebnisse etc.)
- b) wissenschaftlicher Hintergrund der Studie, Ziel und die zu untersuchende Hypothese oder Fragestellung



- c) Umfang und Präzision von Angaben bezüglich für die Bewertung ausschlaggebender Informationen, Zwischenanalysen, Subgruppenanalysen und gewonnener Daten durch die Autoren
- d) Reproduzierbarkeit der Ergebnisse
- e) Vorhandensein unterschiedlicher Evidenz- Klassifikationssysteme und damit verbundene Interpretationsvielfalt .

Die Bewertung der Validität der Studien kann hier nur begrenzt erfolgen mit dem Ziel, die verschiedenen Studienergebnisse zu einer Grundaussage zusammenzufassen.

Zu erwähnen sei, dass keine der aufgeführten Studien mit dem Mittel der Verblindung gearbeitet haben, was möglicherweise die Gefahr der Verzerrung („Bias“) der Ergebnisse birgt. Allerdings ist eine Verblindung bei einer Orthesenbehandlung nahezu unmöglich.

Wie bereits erwähnt, existieren unterschiedliche Klassifizierungen zur Evidenz, in der vorliegenden Arbeit wurde die Klassifikation der Cochrane Collaboration angewandt. Bei der Bewertung ergaben sich teilweise Unklarheiten bezüglich der exakten Einordnungskriterien einer Studie, da innerhalb dieses Schemas keine flexiblen Untergruppen angegeben sind. Aus diesem Grund soll in Tabelle 7 zusätzlich durch die Spalte ‚Effekt‘ eine genauere Wertigkeit der Studie innerhalb eines Evidenzlevels ersichtlich werden.

#### *4.2 Beurteilung und Bewertung verletzungspräventiver Maßnahmen am Sprunggelenk*

Die folgende Darstellung und Bewertung der jeweiligen Interventionsmittel richtet sich vornehmlich nach den zugeordneten Evidenzgraden der ausgewählten Studien. Ist eine Tendenz erkennbar (positiver oder negativer Effekt), bestimmt letztlich der Evidenzgrad einschließlich der subjektiven Einschätzung der internen und externen Validität die zu ermittelnde Grundaussage.

#### 4.2.1 Tape-Verband

Als eine der ältesten Techniken zur Verletzungsprävention des Sprunggelenks gilt der adhäsive Tape-Verband. Die frühesten Untersuchungen dazu führten QUIGLEY et al. 1946 in einer unkontrollierten Studie durch, die eine beachtliche 50%ige Reduktion von Sprunggelenkverletzungen beschreibt. Aufgrund des veralteten und unerprobten Studiendesigns wurden diese Ergebnisse nicht mit in die Tabelle aufgenommen.

In vier von sechs Studien wird eine positiv präventive Wirkung erzielt, davon zwei mit signifikantem (LAUGHMANN et al. 1980, ROBBINS et al. 1995) und zwei ohne signifikanten Nachweis (YAMAMOTO et al. 1993, RARICK et al. 1962).

Nur eine Studie mit signifikanten Ergebnissen konnte dem Evidenzbereich I zugeordnet werden (ROBBINS et al. 1995).

Vor allem die initiale signifikante Einschränkung der Supinationsbewegung steht hierbei im Vordergrund (LAUGHMANN et al. 1980).

Demgegenüber steht eine Untersuchung von FUMICH et al. (1981), die nach einem Fußballspiel eine bis zu 50%ige Abnahme der Initialrestriktion und teilweise sogar bis hin zu Ausgangswerten verzeichneten. Dies wurde einem negativen Effekt ohne Signifikanz gleichgesetzt.

Aufgrund der geringen Studienanzahl und unterschiedlichen Studiendesigns lässt sich eine Grundaussage nicht ausschließlich durch eine evidenzbasierte Zuordnung treffen. Die qualitativ hochwertigste Studie mit Evidenzgrad I (ROBBINS et al. 1995) ergibt eine signifikante positive Wirkung des Tape-Verbandes, allerdings ist die Probandenzahl mit 24 klein. Daher nehmen die übrigen Studien quantitativen Einfluss und untermauern einen positiven, aber nicht signifikanten Präventionseffekt.

Die gegenüberstehende Studie mit negativem Effekt (FUMICH et al. 1981) kann dieses Grundergebnis nur schwer widerlegen, da zum einen die Probandenanzahl auch hier gering ist (n=16) und zum anderen ein eher statischer Versuchsaufbau mittels Messungen in einem Goniometer vorliegt.

ROBBINS et al. 1995 führten ihre Versuche unter quasi dynamischen Bedingungen durch, indem sie ihre Probanden neben sportlichen Zwischenübungen unerwarteten Oberflächenneigungen aussetzten und so Supinations- oder Pronationsbewegungen induzierten.

Wie bereits erwähnt, kann zwischen statischen und dynamischen Testverfahren unterschieden werden. Der Vorteil bei statischen Verfahren sind mögliche Wiederholungsmessungen an unterschiedlichen Versuchstagen mit vergleichbaren Ergebnissen, was einem standardisierten Verfahren nahe kommt. Allerdings sind die Probanden durch die statische Ausgangslage nicht fähig, durch einen aktiven Muskeleinsatz auf die induzierte Supinationsbewegung Einfluss zu nehmen.

Die Supinationsbewegung unter dynamischen Versuchsbedingungen kann als realitätsnaher betrachtet werden, da sie auf Alltagssituationen, vor allem bei Sportlern, übertragbarere Ergebnisse liefert.

Allerdings bleiben kinematische Analysen auch diesem Versuchsaufbau vorenthalten, sodass Messergebnisse durch mögliche muskuläre Kompensationsmechanismen wie Körperschwerpunktsverschiebungen oder Ausgleichsbewegungen verändert werden könnten (PODZIELNY 2000).

#### *4.2.2 Orthesen*

In elf Studien wurden rigide, semirigide, weiche Orthesen und Schnürbandagen untersucht.

Davon konnten sechs Untersuchungen dem Evidenzgrad I zugeordnet werden, wovon vier Studien signifikante und zwei nicht-signifikante positive Ergebnisse bezüglich der Verletzungsprävention am Sprunggelenk belegen.

Die Tendenz der anderen Studien ist eindeutig positiv, wobei in der Hierarchie retrospektiven Studien, wie hier die von SCHUMACHER et al. 2000, weniger Bedeutung beigemessen werden muss. Aufgrund der Überzahl an signifikant positiven Studien-Ergebnissen (acht von elf Studien) ist hier eine signifikant gesteigerte Verletzungsprävention des Sprunggelenks durch Orthesen festzustellen. Dabei lässt sich hervorheben, dass semirigide und rigide Orthesen durchschnittlich bessere Ergebnisse lieferten als weiche Orthesen und Schnürbandagen.

THONNARD et al. 1996 liefern als einzige Autoren in einer prospektiven Studie mit zwölf Probanden negative Ergebnisse, was einer durch die verwendeten Orthesen nicht vorhandenen Verletzungsprävention gleich kommt.

#### 4.2.3 Vergleich Tape-Verband/ Orthese

In den vorliegend elf Studien zeigt sich eine deutlich positive Tendenz zugunsten beider Stabilisierungshilfen, wobei auch teilweise qualitativ zwischen beiden unterschieden wird (Tabelle 6 zu entnehmen).

So kann für beide Verfahren eine signifikante Stabilisierung des Sprunggelenks nachgewiesen werden, für den Tape-Verband, wie bereits angesprochen, nur initial (GREENE und HILLMANN 1990).

Zusammenfassend kann die Aussage getroffen werden, dass bei einem Vergleich Tape-Verband und Orthese das Taping schlechtere verletzungspräventive Eigenschaften aufweist (GREENE und HILLMANN 1990, JEROSCH et al. 1995, MÜLLER und HINTERMANN 1996, BRÖCKER 2001).

#### 4.2.4 Schuhe

In diesem Bereich der Verletzungsprävention ist die verfügbare Studienanzahl mit drei Untersuchungen klein.

Dementsprechend diffizil gestaltet sich auch die Reduzierung auf eine Grundaussage.

Die einzige Studie mit Evidenzgrad I (BARRETT et al. 1993) konnte keine signifikanten Unterschiede zwischen hoch- und niedrigschaftigen Schuhen belegen.

Die Effektivität hochschaftiger Schuhe im Hinblick auf die Vermeidung von Supinationstraumen ergibt kontroverse Ergebnisse.

AVRAMAKIS et al. (2000) zeigten signifikante positive Effekte bei der Verwendung eines hochschaftigen Sportschuhs, auch hier sei ein Kritikpunkt die Anzahl der Probanden mit n=12. BRIZUELA et al. (1997) verweisen in einer Untersuchung unter statischen Versuchsbedingungen an acht Probanden auf eine sinnvolle Anwendung sowohl hochschaftiger (bei instabilen Sprunggelenken) als auch niedrigschaftiger Schuhe (bei stabilen Sprunggelenken).

Limitierend ist anzumerken, dass beide Studien – im Gegensatz zu BARRETT et al. – ohne Randomisierung durchgeführt wurden.

Nach der Durchsichtung der Literatur und Auswertung der angegebenen Studien lässt sich festhalten, dass Schuhe unterschiedlicher Schafthöhen einen mechanischen Schutz des Fußes bieten, ihre Rolle in der Verletzungsprävention bei Distorsionstraumata jedoch bisher unzureichend untersucht ist.

#### *4.2.5 Kombination Schuhe/ Tape-Verband*

GARRICK und REQUA untersuchten 1973 die protektiven Eigenschaften eines Tape-Verbandes, getragen in einem hoch- und niedrighaftigen Schuh sowie die Wirkungsweise beider Schuhtypen in einer kontrollierten Studie.

Das Ergebnis zeigt die signifikant besten verletzungspräventiven Ergebnisse für ein kombiniertes Taping im hochhaftigen Schuh, gefolgt von Taping im niedrighaftigen Schuh, die schlechtesten Ergebnisse erzielte der niedrighaftige Schuh einzeln betrachtet.

Es wird ersichtlich, dass nicht die Schuhschafthöhe allein, sondern vor allem das vorwiegend propriozeptiv verbessernd wirkende Tape einen entscheidenden Einfluss auf die Verletzungsinzidenz des Sprunggelenks erzielte.

Nach HUME und GERRARD (1998) wird kritisiert, dass die Anzahl sowohl der verletzten Spieler als auch die der Probanden der Studiengruppen relativ gering war. Zudem wurden keine Angaben zur Spielerposition, zu den qualitativen sportlichen Fähigkeiten oder genauen Spielzeiten getroffen.

Grundlegend unterstützen diese Ergebnisse die bereits getroffenen Aussagen über eine positive, nicht signifikante Wirkung des Tape-Verbandes als auch von hochhaftigen Schuhen.

#### *4.2.6 Kombination Tape/ Orthese (Bandage)/ Schuhe*

In der vorliegenden retrospektiven, also einem Evidenzgrad III zuordbaren Studie von ROVERE et al. (1988) konnte der Kombination von niedrighaftigem Schuh und einer Schnürbandage der signifikant positivste Wert zugeschrieben werden.

Als Nachteil dieser Studie muss erwähnt werden, dass es keine randomisierte Zuordnung der Spieler zu den einzelnen Versuchsgruppen sowie keine Kontrollgruppe ohne Stabilisierungshilfe gab und nach Belieben unter den Stabilisierungshilfen und Schuhen gewechselt werden konnte. Durch die Möglichkeit der erneuten Befestigung der Bandage kann die initiale, maximale Bewegungseinschränkung beliebig oft wieder imitiert werden, genauere Angaben zur Anzahl der Wiederbefestigungen wurden nicht getroffen. Weiterhin erscheinen keine Informationen zu Hersteller und Konfiguration der Stabilisierungshilfen. Von den Autoren selbst wird ebenso das retrospektive und nicht experimentelle, kontrollierte Studiendesign kritisiert.

Das Studiendesign ist zur Beurteilung oder Einflussnahme auf die bisher getroffene Grundaussage nicht repräsentativ, zumal keine weitere Studie mit ähnlichen Untersuchungsparametern und Zielsetzungen gefunden wurde.

Somit unterstützt es die allgemeine Aussage, dass Schuhe, Tape und Orthesen bzw. Bandagen positiv wirksam sind, es können aber durch diese Studie den verwendeten Stabilisierungshilfen keine signifikant positiven Wirkungsmechanismen zugesprochen werden.

Die Idee, verschiedene Stabilisatoren zu kombinieren und jeweils deren positiven Einfluss auf verschiedene Bewegungsmuster zu vereinen, ist ansprechend und nahe liegend. Zu berücksichtigen ist sicherlich der damit verbundene Zeitaufwand sowie die Kosten-Nutzen-Abwägung, worauf in Kapitel 4.3 eingegangen werden soll.

#### *4.2.7 Propriozeptives Training*

Der jüngsten Maßnahme zur Verletzungsprävention am Sprunggelenk konnten acht Studien zugeordnet werden, davon vier mit Evidenzgrad I (WEDDERKOPP et al. 1999 und 2003, VERHAGEN et al. 2004, HEINZ 2001), die generell eine positive signifikante Wirkung belegen konnten.

Zwei prospektive Studien mit Evidenzgrad II verzeichnen ebenfalls signifikante Werte (BAHR et LIAN 1997, OLSEN et al. 2005) und zwei (PETERSEN et al. 2005, JUNGE et al. 2002) nicht-signifikante positive präventive Wirkungen.

Dem propriozeptiven Training, sei es nun durch ein verbessertes Trainingskonzept oder durch die Anwendung so genannter Kippbretter, kann eine signifikante präventive Wirkung zugesprochen werden.

#### *4.2.8 Kombination Propriozeptives Training/ Orthese (Bandage)*

In einer kontrollierten Studie von TROPP et al. (1985) wurde das prophylaktische Tragen einer Orthese mit der Wirkungsweise eines Koordinationstrainings mittels ankle disc oder Kippbrett bei insgesamt 439 Fußballspielern verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Sprunggelenkverletzungen bei Spielern mit einer früheren Sprunggelenkshistorie ohne ein Trainingsprogramm vermehrt anstiegen im Vergleich zu denen, die am Koordinationstraining teilnahmen. Die Autoren kamen zu der Ansicht, dass sowohl ein propriozeptives Training als auch die mechanische

Unterstützung durch Orthesen die Häufigkeit von Sprunggelenkverletzungen signifikant reduzieren können.

Diese Ergebnisse bestätigen die vorangegangenen Aussagen.

#### *4.3 Beeinflussung der motorischen und funktionellen Leistungsfähigkeit*

Die Fragestellung, ob externe Stabilisierungshilfen möglicherweise negative Auswirkungen auf die sportliche Leistung haben könnten, spielt bezüglich der Auswahl und Akzeptanz der vielfältigen angebotenen Produkte eine wesentliche Rolle.

Verschiedene Studien haben sich mit dieser Thematik auseinandergesetzt (BRIZUELA et al. 1997, ROBINSON et al. 1986, BURKS et al. 1991, VERBRUGGE et al. 1996, MACPHERSON et al. 1995, GROSS et al. 1997, GREENE und WIGHT 1990).

Es ist nachvollziehbar, dass motorische und funktionelle Einschränkungen auch geringen Ausmaßes gerade im Hochleistungssport von entscheidender Beeinflussung der athletischen Leistungen sein können.

Die Durchsichtung der relevanten Literatur ergab, dass mit dem Tragen externer Stabilisierungshilfen sowie Schuhen unterschiedlicher Schafthöhen mit belegten signifikanten Einschränkungen gerechnet werden muss. Die Anzahl der Studien, die negative Auswirkungen beschreiben, ist sichtlich höher als derjenigen, die keine oder ‚keine bedeutenden‘ (BURKS et al. 1991) Leistungseinschränkungen aufweisen konnten.

Kritisch zu beurteilen sind hier neben dem differenten Studiendesign die unterschiedlichen Grundvoraussetzungen der Probanden, was u.a. ausgehende propriozeptive Fähigkeiten und damit verbundene Bewegungskoordination, Trainingszustand, Kondition und Alter betrifft.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu wissen, dass sowohl instabile als auch stabile Sprunggelenke getestet wurden.

Das propriozeptive Training nimmt hier eine Sonderrolle ein. Posttraumatische Verletzungen und damit verbundene propriozeptive Defizite können mit dieser Methode und durch Koordinationsübungen verbessert werden und prophylaktisch vor Wiederverletzungen schützen. Aufgrund der fehlenden mechanischen Komponente gibt es folglich keine Studie, die Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeiten beschreibt.

#### *4.4 Kosten-Nutzen-Relation/ Vor- und Nachteile der Materialeigenschaften*

Die Frage der Kosteneffizienz der hier dargestellten externen Stabilisierungshilfen steht in einem engen Kontext zu sozialökonomischen und gesundheitspolitischen Aspekten. Zudem kommen die athletische Orientierung der verschiedenen Sport-Sparten sowie sportlichen Leistungsniveaus von Hochleistungs- und Freizeitsportlern, Gruppen- und Einzelsportarten und deren individuellen Anforderungen und finanziellen Möglichkeiten.

Es wäre anzunehmen, dass ein Trainer einer 14köpfigen Basketballmannschaft zur Verletzungsprophylaxe seiner Spieler vermutlich auf ein kostengünstigeres prophylaktisches Fabrikat zurückgreifen wird als der eines Hochleistungssportlers, der seine finanziellen Mittel auf wenige Personen verteilen kann. Zudem kommt die Frage der Häufigkeit der Nutzung solcher Stabilisierungshilfen, nach sportlicher und zeitlicher Einsatzfrequenz.

Eine exakte Beantwortung dieser Thematik fällt schwer, da keine zeitlich aktualisierten Studien gefunden werden konnten.

Eindeutig aber bleibt die Erkenntnis, dass wieder verwendbare Fabrikate wie Orthesen und Bandagen kosteneffektiver sind als Einmalartikel wie der Tape-Verband (SURVE et al. 1994, JEROSCH et al. 1996, ROVERE et al. 1988).

Nach OLMSTED et al. (2004) ist Taping bei Wettkampfsportarten auf eine Saison gesehen 3.05fach teurer als die Anwendung einer Orthese.

GARRICK und REQUA (1973) untermauern diese Schätzungen mit einer Kostenangabe von \$2.778 für Taping und \$910 für Orthesen über eine Spielzeit. Ähnliches berichten SITLER et al. (1994) und SURVE et al. (1994).

Allerdings muss auch in Betracht gezogen werden, dass Orthesen möglicherweise einen frühzeitigeren Verschleiß von Sportschuhen verursachen können, da sie relativ viel Platz im Sportschuh einnehmen und somit von Sportlern auch abgelehnt werden können.

ROVERE et al. (1988) verweisen auf weitere negative Nebenerscheinungen des Tapings wie zusätzlich benötigte Fersen- und Schnürpolster, das Vorhandensein eines



Hautgleitgels und die geübte Applikation und Entfernung des Verbandes. Unter Umständen muss eine weitere Person mit der Applikation betraut werden, was natürlich einen zusätzlichen finanziellen Aufwand bedeuten kann.

In einer Untersuchung von POPE et al. (1987) versagte der adhäsiv befestigte Tape-Verband durch ein Abrutschen von der Hautoberfläche eher als durch eine Ruptur des Materials. Zudem kommen die verschiedentlich angewandten adhäsiven Materialien und Umwicklungstechniken wie ‚figure-of-eight‘, ‚stirrup‘, ‚basket weave‘, ‚heel lock‘ und deren Kombinationen.

Die finanziellen Vorteile von Orthesen liegen eindeutig in der Wiederverwendbarkeit und leichteren Handhabung. Weiterhin vorteilhaft, verglichen mit Taping, ist das seltenere Auftreten von Hautreizungen, da Orthesen in der Regel über den Socken getragen werden (GOTZES 2004). Zudem können sie durch den Sportler selbst nachjustiert werden, wodurch ein Nachlassen des verletzungspräventiven Schutzes vermieden werden kann. Hier muss allerdings einschränkend erwähnt werden, dass dies nicht bei allen Modellen möglich ist. Durch die gute, teils als signifikant nachgewiesene verletzungspräventive Wirkung von Orthesen und Bandagen wird ein Nachspannen allerdings auch nicht vorausgesetzt. Anders ist dies beim Tape-Verband der Fall, der seine signifikanteste Wirksamkeit vor allem initial entfaltet und durch ein unmögliches ‚Nachspannen‘ seine Funktion der Einschränkung pathologischer Bewegungen verliert.

Es konnte keine Studie zur Kosteneffizienz des Propriozeptiven Trainings gefunden werden. Hier ist neben der Konzeption spezieller Übungseinheiten und deren Kontrolle durch einen Trainer oder Betreuer die Anschaffung eines Kippbretts notwendig, das nach jetzigem Stand ab €50 im Handel erhältlich ist.

#### *4.5 Gesamtaussage und Schlussfolgerung*

Die stetig steigenden Leistungserwartungen im Sport führen zu wachsenden Belastungsanforderungen an den Organismus des Sportlers.

Die somit wachsende Beanspruchung und Gefahr für Verletzungen im Bewegungs- und Stützapparat, vor allem des überdurchschnittlich oft betroffenen Sprunggelenks, erfordert kompensatorische und modernisierte Prophylaxemaßnahmen.

Nicht nur die erhöhte Verletzungsbereitschaft unter steigendem psychischen und physischen Druck, sondern auch die Reduzierung rezidivierender Verletzungen und posttraumatische Verbesserung der propriozeptiven Fähigkeiten stehen hier im Vordergrund.

In der vorliegenden Arbeit konnte durch die kritische Bewertung und Interpretation von 44 Studien eine Einschätzung der Hierarchie verschiedener externer Stabilisierungshilfen in der Verletzungsprävention des Sprunggelenks getroffen werden.

Dabei ist ein Trend erkennbar. Ältere, also auch weit verbreitete und langzeiterforschte Maßnahmen wie der Tape-Verband weichen innovativeren und ausbaufähigeren Methoden wie dem propriozeptiven Training mit individuellen und koordinativen Übungen. Daneben hat sich die antisupinatorische Funktion von Orthesen bewährt. Weitere Ergebnisse belegen, dass durch die Anwendung vorwiegend weicher Orthesen und Bandagen die propriozeptiven Eigenschaften verbessert werden konnten.

Nicht zu unterschätzen sind die Ergebnisse im Bereich der Beeinflussung der motorischen Leistungsfähigkeiten. Hier zeichnet sich trotz divergierender Aussagen ein eher negativer Trend im Bereich der externen Stabilisierungshilfen ab. Ein Vorteil für das propriozeptive Training, dass hier keinerlei negative Auswirkungen zeigt.

Wie bereits erwähnt, ist ein exakter Vergleich der Studien aufgrund differierender Studienmethodik, Untersuchungsansätze, Probandenauswahl und Belastungspotentiale nicht zu treffen. Ebenso sei genannt, dass es durch die Systemvielfalt der Bandagen und Orthesen sowie unterschiedlichen Materialien der Tape-Verbände zu einer erschwerten Vergleichbarkeit kommt.

Demnach ist auch nicht auszuschließen, dass die gleiche Orthese bei verschiedenen Probanden unterschiedlich wirkt, da die bei den Orthesen notwendige flexible Anpassung sicher nicht der gesamten Bandbreite der individuellen Fußanatomie gerecht werden kann. Des Weiteren sind die Fähigkeiten eines Probanden zur adhäsiven Befestigung eines Tape-Verbandes schwer mit anderen vergleichbar, möglicherweise wurde der Verband von einer anderen Person angebracht. Somit ändern sich die Grundvoraussetzungen und Übertragbarkeiten der Studienergebnisse.

Keine der Studien war verblindet, sodass eine subjektive Einflussnahme durch die Autoren oder Probanden auf die Ergebnisse nicht auszuschließen ist.

Weiterführende Untersuchungen auf dem Gebiet der Verletzungsprävention auf hohem Niveau sind wünschenswert, Langzeitstudien im Bereich des propriozeptiven Trainings sind abzuwarten.

Nach den hier vorliegenden Ergebnissen wird sich vermutlich der Trend zur ‚minimal-invasiven‘ und kombinierten Prophylaxe durchsetzen.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Sprunggelenkverletzungen sind eine der häufigsten Sport- und Freizeitverletzungen der unteren Extremität.

Durch die erhöhte Leistungs- und Risikobereitschaft ist die Verletzungshäufigkeit in den vergangenen Jahren angestiegen.

Zur Reduktion dieses Verletzungsrisikos sowie rezidivierender Verletzungen und zur posttraumatischen Verbesserung der propriozeptiven Fähigkeiten finden sich zahlreiche prophylaktische externe Stabilisierungsmaßnahmen wie Orthesen, Tape-Verbände, Bandagen und Schuhe unterschiedlicher Schafthöhen auf dem Markt.

Neuere alternative Methoden mit propriozeptivem, also sensomotorischem Reflexttraining durch balance boards oder ankle discs, sogenannter Kippbretter, Therapiekreisel oder spezieller Aufwärm- und Trainingsprogramme, gewinnen dabei immer mehr an Bedeutung.

In der vorliegenden Arbeit sollte im Rahmen einer Metaanalyse die Effektivität der verschiedenen präventiven Stabilisierungshilfen auf das Sprunggelenk bewertet werden.

Dazu wurde in den medizinischen Datenbanken Medline und Pubmed nach relevanten Studien recherchiert. Nach der Literaturselektion entsprechend festgelegter Auswahlkriterien konnten 44 Studien im Zeitraum von 1962 bis 2005 in die Bewertung einfließen.

Diese wurden der Evidenzhierarchie nach der Cochrane Collaboration zugeordnet. Entsprechend der Evidenzstärken und der kritischen Beurteilung der externen und internen Validität wurden die einzelnen Stabilisierungshilfen bewertet.

Dabei zeigt sich, dass ältere, weit verbreitete und langzeiterprobte Maßnahmen wie der adhäsive Tape- Verband innovativeren und ausbaufähigen Methoden wie dem propriozeptiven Training weichen. In diesem sensomotorischen Bereich konnten übereinstimmend positive und größtenteils signifikante Ergebnisse ermittelt werden.

Auch die Anwendung semirigider und rigider Orthesen zeigte bei der Mehrzahl der Studien einen signifikanten Supinationsschutz. Der präventive Effekt von (Schnür-) Bandagen äußerte sich vornehmlich in der Verbesserung der propriozeptiven Fähigkeiten vor allem instabiler Sprunggelenke.

Beim Tape-Verband steht die initiale signifikante Supinationsrestriktion im Vordergrund, was unter anderem mit den Materialeigenschaften sowie vielfältigen und eingeschränkt reproduzierbaren Techniken begründet wird.

Die Untersuchungen zu Schuhen unterschiedlicher Schafthöhen konnten keine übereinstimmend signifikanten Ergebnisse liefern.

Durch die Wiederverwendbarkeit und mögliche eigenhändige Applikation ist die Kosteneffizienz von Orthesen im Gegensatz zum Tape-Verband hoch. Vorteilhaft ist auch hier das Propriozeptive Training, das neben einem Trainingskonzept und Trainer nur die Anschaffung eines Kippbretts voraussetzt.

Negative Einflüsse auf motorische Leistungen konnten bei allen externen Stabilisierungshilfen beobachtet werden.

Nach den hier vorliegenden Ergebnissen zeigt sich ein Trend zu kleineren und leichteren Orthesen in Verbindung mit einem aktiven Stabilitätstraining im Sinne einer kombinierten Verletzungsprävention des Sprunggelenks.

## 6 TABELLENANHANG

### 6.1 Tabellarische Übersicht relevanter Studien

Tabelle 5 Zielsetzung der Untersuchung/ Probandenanzahl N/ Material und Methoden der Durchführung  
(geordnet nach Erscheinungsjahr)

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Rarick Bigley Karst Malina</b>  1962	Vergleich von vier verschiedenen Taping-Methoden vor und nach der Übung	5	Tape-Applikation durch erfahrene Person 10min vor Übung; Übungen bestehend aus 10min Rennen, Springen, Schnellstart und Abstoppen; Messung des Widerstandes bei passiver Plantarflexions- und Inversions- Bewegung bis zu 8 Inch ROM; Verwendung Fußballschuh am re. Fuß, Fußausrichter, Kabel-Tensiometer und ROM-Messgerät; jeder Proband ohne Tape und mit je einer Methode vor und nach der Übung gemessen (10 Tests insges.)  Methoden: 1. basket weave 2. basket weave + stirrup 3. basket weave + heel lock 4. Kombination; keine Herstellerangaben
<b>Garrick Requa</b>  1973	Einfluß von hoch- und niedrigschaftigen Schuhen und Taping auf die Verletzungsinzidenz	2.562 Basketball- spieler	Dauer: 1 Jahr (2 Saisons); Gruppe ohne Tape (Kontrollgruppe): n=1.097; Studiengruppe mit J-Flex: n=288; Studiengruppe mit Tape: n=1.159; randomisierte Unterteilung der Gruppen in Spieler mit hoch- und niedrigschaftigen Schuhen; Aufzeichnung der Verletzungen (mild-schwer) durch Trainer; Aufzeichnung Verletzungs-Basis-Daten während ersten Spiel-Jahres; während 2. Jahres teilnehmende Spieler und Teams randomisiert in 4 Gruppen aufgeteilt (Tape/ kein Tape, mit hochschaftigen/ niedrigschaftigen Schuhen)  initiale Platzierung Anker-Strips, anschl. figure-8-lock; Taping beider SG mit J-Wrap® (Schaumstoff) und ZnO- adhäsivem Tape Zonas® oder mit elastischem Einmal-Material J-Flex®

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Laughman Carr Chao Youdas Sim</b>  1980	Messungen, ob Taping dem Stress, ausgelöst durch standardisierte Routine-Übungen, standhalten kann	20	Messungen mit Elektrogoniometer einer dreidimensionalen SG-Bewegung (Supination/ Pronation, Plantar-/Dorsiflexion, Abduktion/ Adduktion) während Gang auf ebener Oberfläche und 10° Seitenneigung; 1) beide SG ohne Tape, 2) beide SG mit Tape vor der Übung, 3) nach der Übung; Übungen bestehend aus ca. 15min systematischen Rennens (,figure 8'-Lauf); Eingangsdaten mittels Beckmann 12 Kanal-Rekorder und Digital PDP 11/34 Computer aufgenommen  basket weave mit heel locks und ½ figure-of-8-Technik; Applikation direkt auf rasierte Haut
<b>Fumich Ellison Guerin Grace</b>  1981	Ermittlung der Wirksamkeit von Taping bezüglich der Bewegungseinschränkung	16 Fußball- spieler	Festlegung der Bewegungen Plantarflexion, Dorsiflexion, neutrale Inversion/ Eversion, plantarflexierte Inversion/ Eversion mittels dafür entwickelter 'Inman-ankle-machine' (mit Goniometer) vor Taping, sofort nach Taping, mit Tape nach 2.5- 3h Fußballspiel; Taping des re. Fußes; Messungen aller Bewegungen ohne Tape, mit Tape vor der Übung, mit Tape nach der Übung  Tape: 1.5-Inch Coach tape (Johnson&Johnson, New Brunswick, NJ); Rasur und Einsprühen der Region mit Benzoe-Tinktur, Anbringen gefetteter Polster über Achillessehne und vorderem SG; alle Probanden tragen gleiche Schuhe (Spotbilt®)
<b>Myburgh Vaughan Isaacs</b>  1984	Wirkung zwei verschiedener Taping-Methoden und anderer Maßnahmen auf die SG-Bewegung (ROM) vor, während und nach Übungen	12 Squash- Liga- Spieler	2 Matches, je 1h, nach 10min kurze Pause für Messungen, mit Orthese/ Bandage am re. Fuß, Taping am li.Fuß; ROM (Plantar-und Dorsiflexion, neutrale Inversion/ Eversion, plantarflexierte Inversion/ Eversion) mit digitalem Goniometer (Treff-Genauigkeit: 1°) ermittelt  Tapes: Zinc oxide plaster und Elastoplast adhesive bandage (Smith&Nephew, Natal, South Africa), Kombination aus basketweave, stirrup, heel lock; Ace ankle support (Becton Dickinson, Rochelle Park, NJ), Futuro ankle brace (Jung Products, Cincinnati, OH)

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Tropp Askling Gillquist</b>  1985	Untersuchung einer halbstarren Orthese und Training mit einem Kippbrett (Ankle Disc) für 6 Monate	439 Fußball- spieler	Befragung nach vergangenen Verletzungen und funktionellen Beschwerden; randomisierte Aufteilung in <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kontrollgruppe (n=171)</li> <li>2. Studiengruppe mit/ ohne Orthese (n=124) während Training und Spiel</li> <li>3. Studiengruppe mit/ ohne AD-Training (n=144, mit früherer SG-Problematik);</li> </ol> AD-Training in den ersten 10 Wochen 10min 5x/ Woche ein-oder zweibeinig, anschl.5min 3x/ Woche; Auflistung aller SG-Verletzungen durch den Trainer  Orthese: Step1 (Patrick Inc., Linköping, Sweden); Ankle Disc (LIC, Solna, Sweden)
<b>Bunch Bednarsky Holland Macinanti</b>  1985	Vergleich zwischen Taping und Baumwoll-Umwicklung mit fünf Schnürbandagen bezüglich ihrer SG-Stabilisierung	Fuß- Modell	Anwendung Inversion-Drehmoment an einem Polyurethan-Fußmodell; mittels Kistler Kraft-Gelenk Messung der notwendigen Ladung, das Fußmodell in 30° Inversion zu ziehen, Design erlaubt Vergleich des Modells mit Fuß + hochschäftigem Basketballsuh; Messungen vor und nach der Übung, zur Simulation der Leistung nach 20minütiger Übung, nach 350 Inversions-Durchgängen erneute Messungen  Stabilizer: Mikros 9 Inch (M9), Swede-O (S), Ank-L-Aid (A), Mikros 7 Inch (M7), Cramer Stabilizer (C)
<b>Pope Renstrom Donner- meyer Morgen- stern</b>  1987	Untersuchung verschiedener Taping-Methoden und deren Effizienz an einem Sprunggelenksmodell	1 Modell	Fuß bzw. SG -Modell aus Holz und Stahl mit Tape versehen, mittels mechanischer Testmaschine verschiedenen Belastungen ausgesetzt; Winkelablenkung vs. Last auf X-Y-Rekorder aufgenommen; aus den erhaltenen Kurven Bestimmung Ausfall-Last (L) und Fehler-Winkel-Abweichung (D) sowie die Berührungslinien-Tangente an L und D; als physiologischen Maßstab wurde auch Fuß eines Mitarbeiters wie der Modellfuß belastet, um die SG-Steifigkeit und Belastungsgrenze abzuschätzen  Taping-Methoden: <ol style="list-style-type: none"> <li>a) horseshoe</li> <li>b) Stirrup</li> <li>c) basket weave</li> <li>d) basketweave + figure 8 Taping je mind. 5 Mal wiederholt; keine Herstellerangaben</li> </ol>



<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Gross Bradshaw Ventry Weller</b>  1987	Vergleich der Wirksamkeit von Taping und einer semirigiden Orthese bezüglich der Bewegungseinschränkung vor und nach Übungen	11	randomisierte Aufteilung in 1. Taping-Gruppe 2. Orthesen-Gruppe Probanden durchlaufen beide Gruppen (Abstand 2-7 Tage); Messungen der passiven/ maximalen Inversion/ Eversion mittels Cybex II® Dynamometer und Newman Myometer a) vor Applikation b) nach Applikation c) nach kurzer Übungsperiode  Taping : 1 1/2-Inch wide athletic tape/ Coach athletic tape + foam-pre-wrap/ J-Wrap (Johnson&Johnson Products, Inc., New Brunswick, NJ), figure-of-8 + mediale und laterale heel-locks; adherent spray (QDA, Kramer Products, Inc., Gardner, KS 66030); Orthese: Air-Stirrup (Air Cast, Inc., Summit, NJ 07901)
<b>Rovere Clarke Yates Burley</b>  1988	Wirksamkeit von Taping und Schnürbandage bezüglich Prävention von SG-Verletzungen und Wiederverletzung über 6 Jahre	297 Fußball- spieler	1,5 Jahre mit Tape, bleibende 4,5 Jahre wählen Probanden zwischen Tape oder Bandage und können auch wechseln; Aufnahme aller Verletzungen (Inversion, Eversion, Fraktur) durch Arzt; Spieler können zwischen hoch- und niedrigschäftigem Schuh wählen und wechseln, das vermerkt wird; insges. 536 Übungen und 77 Spiele durchgeführt  keine Herstellerangaben
<b>Greene Hillmann</b>  1990	Vergleich der Wirksamkeit von Taping und einer semirigiden Orthese auf Inversions-/ Eversions-Bewegung (ROM) vor, während und nach Volleyball-Übung	7	Dauer 3 h (3 Tage); randomisierte Einteilung in 1. Gruppe mit Tape 2. Gruppe mit Orthese; alle Probanden tragen die gleichen Sportschuhe (niedriger Schaft); Messungen der passiven Inversions-/ Eversions ROM (range of motion) in 5 Versuchen mittels speziellem Gerät, Goniometer und Metall-Fußplatte, a) vor Applikation b) vor der Übung (Sprungübungen) c) nach 20min während Übung d) nach 60min während Übung e) nach der kompletten dreistündigen Übung  elasticized tape Lite-flex (Johnson&Johnson Products, Inc., New Brunswick, NJ) + Ankle Ligament Protector (DonJoy Orthopedic, Carlsbad, CA); 2-Inch athletic tape (Zonas Athletic Tape, Johnson&Johnson Products, Inc., New Brunswick, NJ) + tape adherent (Derma-Prep, Mowbray Co., Inc., Waterloo, IA) + foam prewrap (Econoline Products, Charlotte, NC)

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Greene Wight</b>  1990	Vergleich der Wirksamkeit von 3 Orthesen vor, während und nach eines 90minütigen Softballspiels	12 Softball- Spieler- innen	randomisierte Aufteilung von 24 SG in 3 Gruppen (n=8) und je randomisierte Auswahl einer der 3 Orthesen pro Gruppe; Messung der passiven Inversions-/ Eversions-ROM mittels Goniometer a) vor Applikation b) mit Orthese vor der Übung c) nach 20min Übung d) nach 40min Übung e) nach der Übung; alle Probanden tragen die gleichen niedrigschaftigen Schuhe  Orthesen: Air-Stirrup Ankle Training Brace = A (Aircast Inc., Summit, NJ 07901), Ankle Ligament Protector =ALP (DonJoy Orthopedic, Carlsbad, CA 92008), Swede-O Ankle Brace =S (Swede-O Universal, North Branch, MN 55056), alle über Sportsocken getragen
<b>Alves Alday Ketcham Lentell</b>  1992	Vergleich der Wirksamkeit von 4 Orthesen bezüglich Bewegungseinschränkung vor und nach einer kurzen Übung	26	Messung der passiven Inversions-/ Eversions-ROM a) vor Applikation b) sofort nach Applikation c) nach 10min Übung mittels Dynamometer und Tensiometer; alle Probanden tragen die gleichen niedrigschaftigen Schuhe; randomisierte Auswahl der Reihenfolge des SG und der Orthese  Orthesen: Aircast Sport Stirrup =A ( Aircast Inc., PO Box 709, Summit, NJ 07902) , Ankle Ligament Protector =ALP (DonJoy Orthopedic, 5966 LaPlace Court, Carlsbad; CA), Swede-O Ankle Support = S (Swede-O Universal, North Branch, MN 55056), Kallassy Ankle Support = K (Sports Supports, PO Box 29508, Dallas, TX 75229)
<b>Yamamoto Kigawa Xu</b>  1993	Vergleich zwischen der physiologischen Wirksamkeit der traditionellen SG-Bandage und einer neuen Methode des Taping bei japanischen Judo-Athleten	4 Judo- athleten	Einbeziehung einer elastischen Fersen-Sperre, 'heel lock' und 'figure eight'; 1. Röntgen (Rotanode-Apparat) beider SG barfuß in Inversion und Körpergewichtstragender Fußstellung als objektive Vergleichsreferenz 2. Probanden unterziehen sich täglich (abwechselnd 1 Tag mit Tape, 2. Tag mit Bandage) einer 90minütigen Judo-Übung; Röntgenaufnahmen beider SG barfuß + mit Bandage, mit Tape vor und nach dem Training; Messungen des Talus-Neigungswinkels  keine Herstellerangaben

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Frankeny Jewett Hanks Wayne</b>  1993	Vergleich 5 verschiedener Taping-Methoden sowie 3 Hautvorbehandlungsmethoden bezüglich der Inversions-einschränkung mittels biomechanischer Analyse	9 junge athletische Männer	Messungen des vorhandenen Fuß- und Inversionsumfangs sowie Dorsiflexion und Plantarflexion vor und nach einer 15minütigen Übung mittels dem von Fumich modifizierten Inman-Messgerät; Taping des einen SG, Hautvorbehandlung an dem anderen; Vergleich aller Methoden vor und nach der Übung; alle Probanden tragen die gleichen niedrigschäftigen Leinen-Basketballschuhe  Taping-Methoden: a) basketweave mit heel locks b) Hinton-Boswell c) 'basic'Gill (1.5-Inch Zonas athletic tape (Johnson&Johnson, Products, Inc., New Brunswick, NJ) d) Schnürbandage aus Leder (lacing ankle brace, TBrace Company, Ashland, OR); gefettete Auflagen (Pads) auf Achillessehne und oberes SG vor Taping;  Hautvorbehandlungsmethoden: a) Benzoe-Tinktur b) Schaumstoffunderwrap c) direktes Taping auf die Haut nach Rasur
<b>Barrett Tanji Drake</b>  1993	Untersuchung Hypothese, dass hochschäftige Schuhe weniger Umknicktraumen hervorrufen als niedrigschäftige Schuhe	569 College-Basketball-Spieler	randomisierte Aufteilung in 3 Gruppen: 1. hochschäftige Schuhe (n=208) 2. niedrigschäftige Schuhe (n=158) 3. hochschäftige Schuhe mit aufblasbaren Luftpolstern (n=203); Probanden geschichtet nach vorherigen SG-Verletzungen in 3 Gruppen: a) häufige Umknicktraumen b) gelegentliche Umknicktraumen c) keine vorherigen Umknicktraumen; während einer kurzen Saison (2Monate) und allen Spielen; Dauer eines Spiels: 30min  alle Probanden innerhalb einer Gruppe tragen den gleichen Baketballschuh (Reebok International Ltd., Stoughton, MA)

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Gross Batten Lamm Lorren Stevens Davis Wilkerson</b>  1994	Vergleich Wirksamkeit zwischen semirigider Orthese und einer neu entwickelten Taping-Methode bezüglich Einschränkung der Fuß-und SG- Bewegung vor und nach der Übung	16	Messungen beider SG mit je beiden Gelenkstützen von passiver Inversion (Plantarflexion sagittal, Inversion frontal, Adduktion transversal) und Eversion (Dorsiflexion, Eversion, Abduktion) durch Biodex-Dynamometer a) vor Applikation b) nach Applikation c) nach 10minütiger Übung (Rennen) und 20 unilateralen Plantarflexions-Versuchen auf einer 15cm-Trittplatte; jeder Proband trägt seine gewöhnlichen Sportschuhe; auch subjektive Beurteilung betreffend Komfort, Stabilität, optische Akzeptanz  Orthese: Ankle Ligament Protector (Smith&Nephew DonJoy Inc., Carlsbad, Ca) mit Wadenmanschette/ Velcro®- Verschluss zur Beinumfangung); SS (subtalar sling) support system: foam prewrap (J- Wrap, Johnson&Johnson Products, Inc., New Brunswick, NJ) + 1.5-Inch wide cloth athletic tape (Zonas Athletic Tape, Johnson&Johnson) + 2-Inch light weight elastic tape (Lightplast®, Beiersdorf, Inc., Norwalk, CT) + 2-Inch elastic tape (Johnson&Johnson) + adherent spray (QDA, Cramer Products, inc., Gardner, KS)
<b>Surve Schwellnus Noakes Lombard</b>  1994	Wirkung von semirigider Orthese auf Verletzungsinzidenz des SG während 1 Saison	305 Fußballer	1. Gruppe 1 mit vorherigen Umknicktraumen (n=258) 2. Gruppe 2 ohne (n=246); jeweils randomisierte Einteilung in Probanden in Studiengruppe mit Orthese und Kontrollgruppe; Dokumentation aller Verletzungen  Orthese: Sport- Stirrup (Aircast, Inc., Summit, NJ)
<b>Tweedy Carson Vicenzino</b>  1994	Vergleich der Leuko- und Nessa SG-Orthese in Bezug auf die Einschränkung der Inversion vor, während und nach einer Übung	30 Fußballer	randomisierte Einteilung in 2 Probandengruppen; Probanden tragen ihre gewöhnlichen Sportschuhe; Kontrollmessungen der Inversion li. SG ohne Orthesen; Inversions-Messungen (re. SG) a) vor Anbringen der Orthese b) sofort danach c) nach 20min und 4. nochmals nach 20min kontrollierter Übungen bestehend aus Rennen, Ausweichen und Springen; Messungen der aktiven Inversion des SG in 42° Plantarflexion mittels Pedal-Goniometer (Winkelmesser); anschließend die gleiche Prozedur für die andere, vom Probanden zuvor nicht getragene Orthese  Orthese aus Neopren: Leuko Functional Ankle Brace (Beiersdorf Australia Ltd.) und aus Leder: Nessa Ankle Support (Nessa Sports Supply, Brisbane, Australia) über die Strümpfe

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Johnson Veale McCarthy</b>  1994	Vergleich der Leistungsfähigkeit zwischen 4 verschiedenen SG-Stabilisierungshilfen bezüglich der Einschränkung des aktiven Inversions-Bewegungsumfangs vor und nach Übungen	18	Übungen: 1h kompetitives Basketballspiel; Prüfung (Messungen) beider SG a) vor Applikation b) vor Übung mit Orthese c) nach Übung mit Orthese; Messungen der Inversions-Bewegungsgrade (ROM=range of motion) mittels Messapparat bestehend aus Aluminium-Fußplatte mit digitalem Messer an der Rückseite; subjektive Beurteilung der 4 Geräte bezüglich Stabilität, Komfort und Bedienbarkeit bei Applikation und Entfernung  Orthesen: Active Ankle =AA (Active Ankle Systems, Louisville, KY) , Aircast Sport Stirrup = A (Aircast, Inc., Summit, NJ), Don Joy Ligament-Protector =DJ (DonJoy, Inc., Carlsbad, CA), Malleoloc = M (Bauerfeind USA, Inc., Kennesaw, GA)
<b>Sitler Ryan Wheeler McBride Arciero Anderson Horodyski</b>  1994	Untersuchung der Wirksamkeit einer semirigiden Orthese bezüglich Häufigkeit und Schwere akuter Sprunggelenksverletzungen bei Basketballspielern	1.601 Kadetten (US Military Academy )	1424 ohne vorherige SG-Problematik, 177 mit vorherigen SG-Verletzungen; während 3 Saisons in 2Jahren 1990-1991; Dauer der Spiele: 2x 15min, Übungen ca 75min; Kontroll-Messungen des Bewegungsumfangs des oberen SG mittels Goniometer; Einbein-Sprung-Test zur Überprüfung der funktionellen Stabilität; randomisierte Einteilung der Probanden in Kontrollgruppe und Studiengruppe mit Orthese; Definition Umknicktrauma: akute ligamentäre Verletzung, die zum Aussetzen am Spiel für mindestens 1 Tag nach dem Trauma führt; Einteilung in Grade I-III, Diagnosen durch Orthopäden gestellt und aufgezeichnet  Probanden tragen hochschaffigen Schuh (Delta Force AC high, NIKE, Inc., Beaverton, OR);  Orthese: Aircast Sports Stirrup (Aircast, Inc., Summit, NJ) appliziert mit 2 Velcro-Straps am Bein (Velcro USA Inc., Manchester, NH)

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Robbins</b> <b>Waked</b> <b>Rappel</b>  1995	Prüfung der Hypothese, dass Taping das Bewusstsein der Fußpositionen vor und nach der Übung verbessert	24 Studenten	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kontrollgruppe ohne Tape (n=12)</li> <li>2. Studiengruppe mit Taping beider SG (n=12); an Wand angelehnter Block mit abgeschrägter Oberfläche von 0-25° (Imitation Supination, Pronation, Plantar- und Dorsiflexion), auf den sich Probanden mit einer Art 'Schutzbrille' stellen, um die Neigungen nicht sehen zu können; Schätzungen der Bewegungsrichtungen und Neigungsamplitude durch die Probanden (Skala von 0 als horizontal - 15) barfuß und mit Schuhwerk, alle 11 Schätzungen werden Probanden Wert-Referenzen von 0°, 12,5° und 25° gegeben; dazwischen 2 Tests: Übung/ Nicht-Übung mit je einer Kontroll- und Studiengruppe: Übungen bestehend aus Basketballspiel und 30min. Rennen oder umgekehrt 30min Ausruhen in einer nicht-Körpergewicht-tragenden Position</li> </ol> <p>Taping durch Sport-Therapeut (gibney basket-weave + double heel lock 37mm Johnson&amp;Johnson coach's adhesive tape direkt auf rasierte, gereinigte, getrocknete Haut; Spieler trugen ihre gewöhnlichen Sport-Schuhe</p>
<b>Jerosch</b> <b>Hofstetter</b> <b>Bork</b> <b>Bischof</b>  1995	Einfluss drei versch. Stabilisierungshilfen auf Propriozeptivität von stabilen/instabilen SG; Frage, ob nach Umknicktrauma propriozeptives Defizit besteht	30 aktive Sportler	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einbein-Stand-Test (Prüfung des Gleichgewichts)</li> <li>2. Einbein-Sprungparcour-Test (Sprünge auf verschiedene Rechtecke mit 15° Steigung, 15° Senkung, 15° laterale Inklination)</li> <li>3. Winkel-Reproduktionstest;</li> </ol> <p>Wiedergabe 3 versch., zuvor gegebener SG-Inversions-Winkel; 'Standard' = ohne Stütze</p> <p>Stabilisierungshilfen:  Taping = T, Gibney basket weave mit ,classic ankle joint bandage' durch Physiotherapeuten, Aircast-Stirrup-Sports-Brace = A; Mikros-NT-Ankle-Brace = M, Schnürbandage</p>

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Anderson Sanderson Hennig</b>  1995	Messungen der Wirksamkeit einer weichen Orthese unter ähnlichen Bedingungen wie aus einem unerwarteten Fall, der zu einer Verletzung des lateralen Ligamentes führen kann	30	Probanden stehen auf hölzerner Kipplattform (über einer Kraftplatte mit digitalem Messer) auf dem re. Fuß mit vollem Körpergewicht, die sich von horizontal bis 22° neigen kann; Versuche <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ohne Orthese</li> <li>2. mit Orthese vor der Übung</li> <li>3. mit Orthese nach der Übung</li> <li>4. mit einer unfunktionellen Orthese (Placebo);</li> </ol> Bestimmung der Supinationswinkel, Messungen der Winkelgeschwindigkeiten der Supinationsbewegung, Messungen der calcanealen Inversions-Winkel und der Bodenreaktionskräfte (ground reaction forces) bei plötzlicher Inversion mit Neigungswinkel von 22° des re.Fußes mittels Elektrogoniometer; Einteilung des gesamten Falls in 2 Phasen: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. freier Fall (Beginn mit Auslösung des Klappmechanismus bis zum ersten Bodenkontakt)</li> <li>2. Belastung (erster Bodenkontakt bis zum Ende der provozierten Supination);</li> </ol> nachfolgende Übungen bestehend aus lateralen Bewegungen und 25 Runden Sprints zwischen 2 Holzmarkierungen vor und zurück, Wendung immer auf dem re. Bein  Orthese im Schuh aus Nylon + Neopren (nonrigid subtalar stabilizer, STS) (Generation II Orthotics; rigides Fiberglas-Fußbett zwischen Socke und Schuh; 2Nylon-Straps als Verbindung zw. Fußbett und Neoprenmanschette um SG; eigene Applikation
<b>Müller Hintermann</b>  1996	Einfluss drei verschiedener Orthesen sowie Tape auf Rotationsstabilität der SG bzw. Tibiaaußenrotation	6	Vergleichswert: ungeschützter Fuß in Sportschuh, der dann mit Tape, Aircast und Mikros getragen wurde; Messvorrichtung (Allinger und Engsberg), Fixation des Fußes in beliebiger Richtung und Rotationsbelastung von 2.7Nm, sitzender Proband; Messungen 10 Mal mittels Potentionmeter: 10°, 20° Dorsal- und Plantarflexion, neutrale Flexion, barfuß und je mit versch. Stützen, Errechnung des Mittelwertes  verwendete Gelenkstützen: Künzli- Stabilschuh, Mikros-Bandage, Aircast-Schiene, Tapeverband nach Wilkerson (keine genaueren Herstellerangaben)

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Thonnard Bragard Willems Plaghki</b>  1996	Vergleich der SG-Drehmoment-Beziehung barfuß und mit Orthese unter statischen und dynamischen Bedingungen im vollen Inversions-Bewegungsbereich	12	Inversionsbewegung demonstriert durch speziellen Apparat: Proband liegt auf Rücken, Unterschenkel in Schiene fixiert, Fuß in Schnürschuh in mobilem Gestell befestigt, SG in neutraler Position von Flexion/ Extension, Gestell rotiert um Tibia-Längsachse; Messungen passives SG-Drehmoment mit elektrischem Potentiometer unter statischen (0 - 50° Inversion) und dynamischen (0 -45° unter Rotationsgeschwindigkeit von 850°/sec in 50msec) Bedingungen; 5 Durchgänge: 1,5 unter statischen, 2,3,4 unter dynam. Bedingungen, Ermittlung der Durchschnittswerte für jede Bedingung und jeden Winkel  Orthesen: Safety Ankle Support (Axini ABS, Boliden, Sweden) und Push Brace (NEA International BV, Maastricht, The Netherlands)
<b>Brizuela Llana Ferrandis Garcia- Belenguier</b>  1997	Einfluss des Schuhwerks mit gesteigerter SG-Stabilisierung auf SG-Bewegung und Stoßabmilderung während einer vertikalen Sprunglandung sowie auf die motorische Leistungsfähigkeit	8 Hobby- Basketball- spieler	1. Test der Schockdämpfung durch Landung nach Sprung (5 Probanden), Beschleunigungsmessung, vGRF-Aufzeichnung des re. Fußes bei Landung durch Kraftplatte, 18 Sprünge mit Schuh, 9 barfuß (als Referenz) und Aufnahme mit high-speed-Kamera, Kalkulierung Plantar-Flexions-Winkel und SG-Eversions-Winkel  2. Test der motorischen Leistung durch Hürdenlauf und Messung der Sprunghöhe (8 Probanden)  2 Protoschuhtypen entwickelt mit gleicher Sohle, aber a) mit hohem Schaft, Fersenkonter, Hinterfuß-Schnür-System b) niedriger Schaft
<b>Bahr Lian</b>  1997	Prüfung Präventions-Programm mit Bewußtseinsschulung für Verletzungen, technischem Training sowie balance board - Training	819 Volleyball- spieler	Sammeln der Basis-Daten (Verletzungs-Mechanismus- und Inzidenz) in drei Saisons: in der Innen-Saison '92-'93, Start Trainings-Programm '93-'94, Auswertung (Einfluss des Präventionsprogrammes auf die Verletzungsinzidenz und den Mechanismus) '94-'95; Angabe der Verletzungen monatlich in einem Formular durch Trainer; Technisches Training mit exakter Start- und Landetechnik bei Blocken und Angriff; propriozeptiv mit balance board (Kippbrett)  keine Herstellerangaben



<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Amoroso Ryan Bickley Leitschuh Taylor Jones</b>  1998	Untersuchung, ob außerhalb des Schuhs angebrachte Orthese Umknicktraumen in einer Fallschirmjäger-Truppe effektiv verhindern kann	745 Flug- schüler der US Army	3 Phasen: 1. 'sreening' mit Fragebogen 2. Fallschirmsprung 3. Nachuntersuchung; randomisierte Einteilung in: a) Studiengruppe (n=369) mit Orthese b) Kontrollgruppe (n=376); 5 verschiedene Sprünge, Tragen der Orthese vom Ende der Inspektion vor dem Sprung bis zum Rückmarsch von Fallzone zum Ausgangspunkt; medizinische Nachkontrolle aller Soldaten durch Orthopäden, die nach dem Sprung nicht wieder zum Ausgangspunkt zurück laufen konnten oder Verletzungen (Einteilung in Grad I-III) hatten; alle Daten durch Datenbank DataEase gesammelt  Orthese: parachutist ankle brace (Aircast Corp.)
<b>Hopper McNair Elliott</b>  1999	Wirkung von Schür-Orthese und Tape auf elektromyographische (EMG, Muskelaktivität), kinematische und kinetische (Hinterfuß-Bewegung, vGRF) Variablen bei der Sprunglandung	15 Netzball- spieler- innen	Einbeinsprung auf eine Metallplatte mit dem dominanten Bein aus bestimmtem Abstand (Beinlänge x 1.25), 3 Durchgänge ohne und mit Orthese, mit Tape in randomisierter Reihenfolge; Messungen der vGRF's ; EMG vom Mm.gastrocnemius med., tibialis ant., peroneus longus; reflektierende Markierungen auf Haut, Orthese oder Tape des landenden Beins als Referenzpunkte, Aufnahme mit high-speed-Kamera, Digitalisierung der Referenz-Markierungen  Orthese: Swede-O-Brace (Orthitic Consultans); Tape: figure-of-6 mit Fersenschlinge und Verschlußband, keine Herstellerangaben
<b>Wedder- kopp Kaltloft Froberg Lundgaard Rosendahl</b>  1999	Untersuchung eines Trainings-Programms mit ankle disc (AD) zur Reduktion von Verletzungen	237 Handball er- innen	randomisierte Zuordnung zu Studiengruppe (n=111) Kontrollgruppe (n=126), pro Gruppe ein Elite-Team (insges. n=24) mit 6-10hTraining/Woche; Zwischengruppe (n=123) 3-6htraining/Woche, Freizeitgruppe (n=90) 2-3h/Woche; 10-15min AD-Training bei jeder Übung; Verletzungen durch den Trainer oder Arzt in Fragebogen zusätzlich erfasst  keine Herstellerangaben

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Avramakis Stacoff Stüssi</b>  2000	Einfluß der Schuhschafthöhe auf Supinationsbewegung einer sport- und floorballtypischen Seitwärtsbewegung und auf die Landetechnik (Aufsetzen des Fußes auf den Boden)	12 Floorball-Spieler	6-10h Training/Woche, 5 Versuchspersonen trugen dabei Gelenkstütze oder hoch-/ niedrigschaftigen Schuh, als niedrigschaftige Vergleichsschuhe 'Handball' und 'Prototyp'; Seitwärtsbewegung: Aufsetzen des Fußes mit Anlauf auf definiertes Ziel und schnellstmögliche Wendung in entgegengesetzte Richtung (wettkampfählich), mittels Filmanalyse (Locam-Filmkamera) Messung des Achillessehnen-Winkels $\beta$ am Schuh und am Fuß im Schuh (durch Fenster im Schuh); Seitwärtsbewegungen jeder Proband a) barfuß b) mit niedrigschaftigem Schuh c) mit hochschaftigem Schuh  Schuhe: Adidas Handball Worldteam high + low + Vergleichsschuhe
<b>Schumacher Creedon Pope</b>  2000	Untersuchung, ob außerhalb des Schuhs angebrachte Orthese für Fallschirmspringer Anzahl und Schweregrad von SG-Verletzungen in Flieger-Battalion verringern kann	k.A. (alle Soldaten des 3. Battalions 11/94-12/97)	Vergleich der Verletzungsraten von der ersten Periode 11'94-09'96 ohne Orthese mit der 2.Periode 10'96-12'97 mit Orthese (insges.38 Monate); Aufnahme aller Sprung-Verletzungen (mit Diagnose Schmerz, Verstauchung, Fraktur) in Datenbank; Kalkulation der Frequenz/ 1.000 Sprünge sowie Notwendigkeit einer ärztl. Restriktion/Verletzung  Orthese: PAB parachutist ankle brace (Aircast, Summit, NJ)
<b>Heinz</b>  2001	Einflüsse eines regelmäßigen propriozeptiven Reflextrainings mit Therapiekreisel auf die Häufigkeit und Schwere von Supinationstraumen	64 Basketball-spieler	Zuordnung aller Probanden mit chronisch rezidivierenden Supinationstraumen und derer, die regelmäßig Tapeverbände oder Orthesen trugen, in Studiengruppe 1 mit Mikrosprunggelenksbandage, übrige Spieler randomisiert in Studiengruppe 2 (propriozeptives Reflextraining) oder Gruppe 3 (Kontrollgruppe) aufgeteilt; Kontrollmessungen des Bewegungsumfanges, klinische Stabilitätstestung, Einbein-Stand-Test, Koordinationstest auf Therapiekreisel, isokinetischer Muskelkräfte mit Cybex 340; Dokumentation aller Verletzungen sowie Trainings-und Wettkampfeinheiten; klinische und isokinetische Nachuntersuchung nach 3 Spielzeiten

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Bröcker</b> 2001	Vergleich verschiedener Orthesenmodelle hinsichtlich ihrer protektiven, antisupinatorischen Fähigkeiten	19 aktive Sportler-(innen)	Messungen Bewegungsumfang und Bewegungsausführung mit Cybex Dynamometer und Rö-Aufnahmen im Halteapparat nach Scheuba; Tiefsprungverfahren zur Provozierung eines gesteigerten Supinationsreizes (Probanden springen rückwärts mit Orthese aus ca. 40cm Höhe auf 20° geneigte Rampe), Aufnahme mit 2D-Videodokumentationssystem; 3-10 Sprünge je a) ohne Orthese, b) mit Orthese, c) mit Tape-Verband in randomisierter Reihenfolge; über Markerpunkte computerassistierte Ermittlung der Supinationswinkel; protektive Wirkung der Orthesen durch Winkel-Differenz beim Sprung mit/ ohne Orthese ermittelt  Stabilizer: Aircast, Antiv, Caligamed, Dyna-Ankle, Malleoloc, mediMAC, Mikros-OV, Rocket Soc, Tape-Verband
<b>Junge Rosch Peterson Graf-Baumann Dvorak</b> 2002	Evaluierung der Wirkung eines Präventions-Programmes auf die Verletzungsinzidenz	194 Fußball-spieler	Präventions-Programm bestehend aus <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verbesserung des Trainings</li> <li>2. Bereitstellung optimalen Equipments</li> <li>3. prophylaktisches SG-Taping bei Spielern mit vorheriger SG-Problematik</li> <li>4. kontrollierte Rehabilitation</li> <li>5. Ausschluss von Spielern mit ernsten Knieinstabilitäten</li> <li>6. Information über Wichtigkeit disziplinierten Spielens</li> <li>7. Verbesserung und Aufsicht durch Ärzte und Physiotherapeuten;</li> </ol> Kontrollgruppe n=93, Studiengruppe n=101; 1 Jahr (zwei Saisons) lang wurden alle Verletzungen (mild, moderat, schwer) von einem Arzt festgehalten  keine Herstellerangaben

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Riemann</b> <b>Schmitz</b> <b>Gale</b> <b>McCaw</b>  2002	Untersuchung der Wirkung von prophylaktischer SG-Stabilisierung auf die vertikale Boden-Reaktions-Kraft (vGRF) vor und nach Joggen auf einem Laufband	14	jeder Proband durchläuft 3 Test-Sitzungen, dazwischen 48-96h Pause, bei jeder Sitzung eine der Gelenkstützen (oder keine) an beiden SGen getragen; 6 harte und 6 weiche (mit max.gebeugtem Knie) Landungen vor und nach 20minütiger Laufperiode <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ohne Stabilisierungshilfe</li> <li>2. mit Orthese</li> <li>3. mit Tape auf Platte; Messungen der vGRF's durch Kraftplatte (Kistler);</li> </ol> Festlegung der ersten und zweiten Belastungs-Kraft-Spitze sowie je die Zeit bis zur Spitze für jeden Test und Verwendung als abhängige Variable jeder Proband trägt gleiche Schuhe (standard low-cut laboratory shoes, Mundial Team, Adidas America, Portland, OR); Orthese: AirSport ankle brace (AirCast, Inc., Summit, NJ); Tape: gibney basket weave, ankle tape (Coach Athletic Tape, Johnson&Johnson, Skillmann, NJ)+ adherent spray Tuf-skin + Heel & Lace Pads + Skin-Lube + Tape Underwrap (Cramer Inc., Gardner, KS)
<b>Wedderkopp</b> <b>Kaltloft</b> <b>Holm</b> <b>Froberg</b>  2003	Vergleich eines 'ankle disc' (AD) - Programmes plus funktionellem Krafttraining gegenüber reinem Krafttraining über eine Saison (10 Monate)	163 Handball er-innen	randomisierte Auswahl für <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gruppe 1 mit 86 Spielerinnen ohne AD</li> <li>2. Gruppe 2 mit 77 Spielerinnen mit Krafttraining und AD</li> </ol> pro Gruppe Auswahl eines 'Elite-Teams' (AD-Gruppe n=13, Nicht-AD-Gruppe n=14) mit 7-11h Übungen/ Woche; Auswahl einer Zwischengruppe (AD n=41, Nicht-AD n=46) mit 4-6h Übung/ Woche; Auswahl einer Freizeitgruppe (AD n=23, Nicht-AD n=26) mit 1-3h/ Woche; Befragung nach vorherigen Verletzungen; Aufzeichnung aller Verletzungen nach den Graden gering, moderat, groß (nach Ekstrand) keine Herstellerangaben

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Ubell Boyla Ashton- Miller Wojtys</b>  2003	Untersuchung der Hypothese, dass SG-Orthesen das Risiko einer forcierten Inversion bei der Einbeinsprunglandung nicht signifikant reduzieren können	14	Verwendung einer ablösbaren Sohle (Aquaplast) medial der Mittellinie mit einer 6mm breiten und 27mm hohen Drehachse entlang der Längsachse des Schuhs → bei Kontakt des äußeren Sohlenrandes mit harter ebener Oberfläche Simulation einer Inversion von 24°; aus 60cm Abstand Landung auf einem Bein mit doppeltem Körpergewicht auf eine ebene, harte Kraftplatte und forciertes dynamischer SG-Inversion (Stimulus) von 24°, Messungen mit Mikrocomputer und Digitalisierung der Daten; <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Versuchs-Block ohne Orthese mit 5 Durchgängen</li> <li>2. mit einer der Orthesen 15 Durchgänge</li> <li>3. ohne Orthese 5 Durchgänge; Inversions-Stimulus resultiert in einer 24° Inversion des Fußes innerhalb 40msec, wenn der Proband nach dem Sprung auf einem Fuß landete</li> </ol> semirigide Orthesen: A = Aircast Sport Stirrup (Aircast, Inc., Summit, NJ), B = Bledsoe Ultimate Ankle Brace (Bledsoe Brace Systems, Grand Prairie, Texas); geschnürte Nylonorthese: S = Swede-O Ankle Lok (Swede-O Universal, Inc., North Branch, Minnesota)
<b>You Granata Bunker</b>  2004	Untersuchung der Wirkung von CAP (=circumferential ankle pressure) ähnlich Tape, Orthese, Schuhe auf propriozeptive Schärfe, SG-Festigkeit, Haltungsverstärkung	10	CAP = Blutdruckmanschette mit 60mmHg; Messungen der propriozeptiven Schärfe, nachdem Probanden von ihnen gewählte SG-Ziel-Position vor und nach der Applikation der CAP wieder einnehmen sollten, Einteilung in 2 Gruppen: hoch und niedrige propriozeptive Schärfe; propriozeptive Schärfe in 5 versch. Positionen gemessen (Neutral, Inversion, Eversion, Plantar- und Dorsiflexion), Messungen der SG-Positions-Winkel mittels elektromechanischem Potentiometer; Errechnung der passiven SG-Steifheit aus dem Anteil des applizierten statischen Moments vs. Winkel-Abstand; aktive SG-Steifheit festgelegt aus biomechanischer Analyse der SG-Bewegung folgend einer mediolateralen Störung; Haltungsverstärkung quantifiziert vom Zentrum des Druckabstands in mediolateraler und anteroposteriorer Richtung beim Einbein-Stand; alle Messungen mit und ohne CAP  keine Herstellerangaben
<b>Stasinopoulos</b>  2004	Vergleich 3 verschiedener Präventionsmethoden zur Reduktion der Inzidenz von Umknicktraumen	52 Volleyball-spieler	Saison 1999-2000; randomisierte Einteilung in 3 Gruppen; Gruppe 1 (n=18) mit technischem Training (Annehmen und Landung), Gruppe 2 (n=17) mit propriozeptivem Training (balance board, 30min/Tag), Gruppe 3 (n=17) mit Orthese  Orthese: Sport Stirrup, keine weiteren Herstellerangaben

<i>Autor</i>	<i>Ziel der Studie</i>	<i>N</i>	<i>Material und Methoden</i>
<b>Verhagen Beek Twisk Bouter Bahr Mechelen</b>  2004	Wirkung von propriozeptivem Training mit balance board auf Inzidenz von Umknicktraumen bei Volleyball-spielern	1.127 Volleyball-spieler	Dauer: eine Saison (36 Wochen); randomisierte Aufteilung in 1. Kontrollgruppe (n=486, 339 mit SG-Problematik) 2. Studiengruppe (n=641, 419 mit SG-Problematik); Trainingsprogramm bestehend aus 14 Basis-Übungen (je ca. 5min) mit und ohne balance board mit schrittweiser Steigerung der Schwierigkeit; Angabe aller Verletzungen, die zum Ausschluss des Spielers führten, auf Formular durch den Trainer und zwei Ärzte  Entwicklung des Trainingsprogrammes in Zusammenarbeit mit Sportmedizinern der Dutch Volleyball Association (NeVoBo) und dem Dutch National Olympic Committee (NOC-NSF)
<b>Petersen Braun Bock Schmidt Weimann Drescher Zantop et.al.</b>  2005	Auswertung der Wirkung eines Präventionsprogrammes auf die Verletzungsinzidenz bei Handballern	276 Handball-spieler-innen	1. Kontrollgruppe (n=142) 2. Studiengruppe (n=134) mit propriozeptivem und neuromuskulärem Training kombiniert mit Handball-typischen Werfübungen; 8 Wochen vorsaisonales Training- 3x/ Woche 10min; in der Wettbewerbszeit 1x/ Woche 10min; Übungen mit 6 steigenden Schwierigkeitsgraden auf 3 verschiedenen Kippbrettern (balance-boards) und 6 verschiedene, sich steigende Sprungübungen; Trainer geben wöchentlich Auskunft über aufgetretene Verletzungen und Spieler füllt Fragebogen dazu aus  keine weiteren Angaben
<b>Olsen Myklebust Engelbretsen Holme Bahr</b>  2005	Untersuchung der Wirkung eines strukturierten Aufwärmprogrammes auf die Verletzungsinzidenz von SG (und Knie)	1.837 Handball-spieler	eine Saison (8 Monate); Kontrollgruppe n=879, Studiengruppe n=958; verbessertes Training betreffend Renn-und Landetechnik sowie neuromuskuläre Kontrolle (balance board und Fußmatten), Gleichgewicht, Kraft; Übungen 15-20min.vor dem gewöhnlichen Training; Festhalten aller Verletzungen durch Physiotherapeuten  Entwicklung des Aufwärmprogrammes vom Oslo Sports Trauma Research Center

## 6.2 Ergebnisse der Untersuchungen/ Statistische Angaben/ Zustand des Sprunggelenks SG

Tabelle 6 Ergebnisse der Untersuchungen/ Statistische Angaben/ Zustand des Sprunggelenks SG (geordnet nach Stabilisierungshilfen)

Erläuterungen:

instabil	=	Sprunggelenk mit vorheriger Problematik/ Verletzung oder chronischer Instabilität als Folge
stabil	=	ohne bisherige Verletzungen
++	=	positiver signifikanter Effekt
+	=	positiver Effekt ohne Signifikanznachweis
+/-	=	kein einheitlicher Effekt
-	=	negativer Effekt ohne Signifikanznachweis

Autor/Jahr	Ergebnisse	Wirkung +/-	Statistische Angaben	SG
<b>Taping</b>				
<b>Rarick</b> <b>Bigley</b> <b>Karst</b> <b>Malina</b>  1962	vor der Übung: alle Methoden in allen Bewegungsrichtungen bieten mehr Stabilität als ohne Tape; nach 10minütiger Übung: weniger Stabilität ersichtlich (-40%); größte Stabilität unter allen 4 Methoden bieten durchschnittlich basket weave + stirrup + heel lock bei allen Bewegungen sowohl vor als auch nach der Übung, letzteres aber am schlechtesten; geringste Stabilität durch solo basket weave; nach der Übung Verlust/ Verrutschen einiger Tapes, Lockerung/ Abtrennung der Ankerstrips, keine ausreichende Adhäsion etc. zu beobachten	1. basket weave & stirrup & heel lock: + 2. nur basket weave: -	k. A.	k.A.
<b>Laughman</b> <b>Carr</b> <b>Chao</b> <b>Youdas</b> <b>Sim</b>  1980	keine Messunterschiede zwischen beiden SG, daher nur Werte des rechten SG verwendet; Taping schränkt Inversions-Bewegungen ein, die mit Umknicktraumen assoziiert sind; Ø Bewegungs-Reduktion von 26.7% (signifikant, P<0.05) zwischen Situation ohne Tape/ mit Tape vor Übung; genereller Verlust der Bewegungseinschränkung zwischen vor und nach der Übung von durchschnittlich 12,1%; 18,6% Reduktion der Bewegung zwischen normaler Situation ohne Tape und mit Tape nach der Übung (signifikant, P<0.05)	Taping: ++	Friedmann's Analyse, t-test; Hotellings T <sup>2</sup> - Statistik	stabil

<i>Autor/Jahr</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Wirkung +/-</i>	<i>Statistische Angaben</i>	<i>SG</i>
<b>Yamamoto Kigawa Xu</b>  1993	vor dem Training mit Bandage (2-9°) - geringe Verbesserung des Talar-Neigswinkels (NW), nach 90min. Training aber gleich dem ohne Stützen (4-14°); Taping (elastisch/unelastisch) erzielte vor dem Training 0°, Werte blieben < 5° danach; Taping konnte den Talus-NW eliminieren und SG - Strukturen während der Judo-Übung verstärken	Taping: +	k.A.	instabil
<b>Robbins Waked Rappel</b>  1995	Beeinflussung der Fußposition durch Taping v.a. bei Oberflächenneigungen >10° (relevante Zahl für Umknicktraumen); barfüßige Probanden konnten nicht zwischen flach und Neigung von 20° differenzieren; Probanden mit Tape überschätzten, die ohne Tape unterschätzen meist Plantaroberfläche n-Neigung vor der Übung (3.95° Netto-Messabweichung) und zunehmend nach der Übung (4.81°), P<0.001; in der Annahme, dass Muskelkontraktion unterstützend relativ zur wahrgenommenen Fußposition beherrscht werden kann (propriozeptiv), spricht eine Unterschätzung der Oberflächenneigung (ohne Tape) für inadäquate Unterstützung und ist damit Voraussetzung einer Inversions-Verletzung (Taping also vorteilhafter); Taping verbessert die Wahrnehmung der Fußposition im Vergleich zum Nicht-Taping, Sportschuh + Tape allerdings 58.1% schlechter als unter barfüßigen Bedingungen (vermutlich durch fehlende Rückkopplung durch Mechanorezeptoren der Fußsohle)	Taping: +	Student t-test	stabil
<b>Pope Renstrom Donner- meyer Morgen- stern</b>  1987	nur figure-8, figure-8 + stirrup und vollständiges Taping widerstanden der in vivo beobachteten Winkelabweichung von 7,6°; nur figure-8 mit 3 oder mehr Umwicklungen hält traumatischer Belastung von 420Nm stand; praktisch versagt Taping durch das Abrutschen von der Hautoberfläche eher als durch Ruptur; für Athleten sollten nur figure-8 + stirrup oder 3 und mehr Umwicklungen oder das vollständige Taping eingesetzt werden; aber: Einräumung, daß durch Modell Wirksamkeit des Taping eher überschätzt ist	+/-	k. A.	Modell



<i>Autor/Jahr</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Wirkung +/-</i>	<i>Statistische Angaben</i>	<i>SG</i>
<b>Fumich Ellison Guerin Grace</b>  1981	insges. zeigten Bewegungen von Plantarflexion, neutraler Inversion, plantarflexierter Inversion eine Rest-Einschränkung von ca. 6°; Dorsiflexion und plantarflexierte Eversion zeigten signifikanten Verlust der Einschränkung bis auf Messwerte wie ohne Tape; neutrale Eversion zeigte Resteinschränkung von ca. 3° nach der Übung; nach der Übung bei neutraler Inversion (6.38°), plantarflexierter Inversion (5.81°) und neutraler Eversion (3.31°) durchschnittlich 50% oder mehr der Bewegungseinschränkung vor der Übung, bei Plantarflexion (4.18°), dorsiflexierter (1°) und plantarflexierter (1.13°) Eversion signifikanter Verlust der ROM-Restriktion auf >50% verglichen mit den Werten vor der Übung	Tape: -	t-test (Ermittlung der minimalen Gradzahl der erwarteten Bewegungseinschränkung bei Taping nach 2.5-3h; 90% CI ermittelt zwischen a) ohne Tape, b) mit Tape vor und nach der Übung	stabil
<b><i>Hoch- und niedrigschaftige Schuhe</i></b>				
<b>Brizuela Llana Ferrandis Garcia- Belenguer</b>  1997	beim Stoß-Dämpfungs-Test gesteigerte Vorderfußbelastung (Aufprallkraft), Reduzierung der motorischen Leistung und niedrigere Übertragung auf die Tibia mit Schuh a); niedrigerer Eversionsumfang und Plantarflexion, aber höhere Inversions-Winkel während Landung mit Schuh a); Dorsiflexion bei Landung mit Schuh b) größer als mit a); es wird empfohlen, dass Spieler mit erhöhtem Verletzungsrisiko (durch gesteigerte Sprungfrequenz oder Abprall, vorherige Verletzungen) Schuhtyp a) tragen; Typ b) für Spieler mit weniger Sprüngen, schnelleren Bewegungen und Gebrauch der vollen motorischen Kapazität	1. instabiler SG: hoch-schaftiger Schuh +  2. stabiler SG: niedrig-schaftiger Schuh +	ANOVA; Fisher's LSD Methode, alpha = 0.05	k. A.
<b>Avramakis Stacoff Stüssi</b>  2000	signifikanter (P<0.05) Unterschied der Supinationsbewegung des Fußes im Schuh zwischen b) (23.7°) und c) (12.3°), d.h. c) hat größeren stabilisierenden Effekt, fast so gut wie Barfuß (11.2°); keine Unterschiede zwischen unverletzten/ vorgeschädigten Spielern; geringe Schuhsohlenhöhe und anisotrope Sohleneigenschaft (Vergleichsschuhe) zeigten positive Wirkung auf Verringerung der Supination; signifikanter Unterschied (P<0.001) der Supination bezüglich Landetechnik zwischen Neutrallandung (31.7°) und Vorfußlandung (12°), kaum Unterschied zwischen hochschaftigem Schuh und Barfuß	im Vergleich: 1. niedrig-schaftiger Schuh --  2. hoch-schaftiger Schuh +	Wilcoxon-Test; t-Test	stabil/ instabil

<i>Autor/Jahr</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Wirkung +/-</i>	<i>Statistische Angaben</i>	<i>SG</i>
<b>Barrett Tanji Drake</b>  1993	während der 2 Monate traten 15 SG-Verletzungen auf: bei Gruppe 1) 7, Gruppe 2) 4, Gruppe 3) 4 ; Verletzungsrate/10.000 Spielminuten für 1) 4.80, 2) 4.06, 3) 2.69; kein signifikanter Unterschied zwischen hoch- und niedrigschäftigen Schuhen, d.h. keine bedeutende Beziehung zwischen Schuhtyp und Umknicktraumen	beide Schuh- typen: -	Analyse der Verletzungs-Raten in den 3 Gruppen mittels Poisson Modell; Wahrscheinlichkeits-Ratio Test	stabil/ instabil
<b>Propriozeptives Training</b>				
<b>Bahr Lian</b>  1997	Inzidenz der SG-Verletzungen von 92/93 bis 94/95 signifikant reduziert ( $P < 0.01$ ) von 0.9 auf 0.5/1000h Spiel; signifikante Reduktion der Anzahl SG-Verletzungen durch Landungen des Fußes auf dem eines anderen Spielers von der ersten Saison (28 Verletzungen) zur letzten (14 Verletzungen, $P < 0.05$ ); bei Spielern mit vorheriger SG-Problematik (außer derer mit mehr als 5 vorherigen Verletzungen) schrittweise Verminderung des Risikos neuer Verletzungen	Training: +	Mantel-Haenszeltest; Chi <sup>2</sup> -test zum Vergleich der verschiedenen Risikofaktoren	stabil/ instabil
<b>Wedder- kopp Kaltloft Froberg Lundgaard Rosendahl</b>  1999	gesamte Verletzungsinzidenz und die für akute Verletzungen in Kontrollgruppe während Übungen/ Spiel signifikant höher als in Versuchsgruppe ( $P < 0.01-0.05$ ); signifikant ( $P < 0.01$ ) mehr SG-Verletzungen (Umknicktraumen) in der Kontrollgruppe (23/6)	Training: ++	bivariate Analyse der Verletzungen; t-test; Chi <sup>2</sup> -test; multiple logistische Regressions-Analyse	k. A.
<b>Junge Rosch Peterson Graf- BaumannD vorak</b>  2002	Verletzungsinzidenz pro 1000h Training und Spiel 6.7 in Studiengruppe und 8.5 in Kontrollgruppe (21% weniger Verletzungen in der Studiengruppe); signifikant mehr Verletzungen pro Spieler pro Jahr in Kontrollgruppe: 1.18, Studiengruppe: 0.76 , $P < 0.01$ ; kein signifikanter Unterschied bei SG-Verletzungen zwischen den Gruppen	Training: +	StatView; t-test; Chi <sup>2</sup> -test	stabil/ instabil

<i>Autor/Jahr</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Wirkung +/-</i>	<i>Statistische Angaben</i>	<i>SG</i>
<b>Wedderkopp Kaltloft Holm Froberg</b>  2003	AD-Gruppe hatte signifikant (P=0.004) weniger traumatische Verletzungen während der Übungen als die Nicht-AD-Gruppe; 4fache signifikante Reduzierung der Chance einer traumatischen Verletzung während eines Spiels; in AD-Gruppe v.a. geringe Verletzungen, Nicht-AD von gering bis groß (signifikant, P=0.03); u.a. auftretende Verletzungen in AD-Gruppe im SG: 1SG-Distorsion; Nicht-AD-Gruppe: 2	AD: ++	erwartete Verletzungs-Inzidenz (erhalten aus retrospektiver Studie 1997) verglichen mit Inzidenz der vergangenen Saison (erhalten durch zuvor von Spielern ausgefüllten Fragebogen) durch Gebrauch der standardisierten Ratio	keine genauen Angaben
<b>Verhagen Beek Twisk Bouter Bahr Mechelen</b>  2004	gesamte Verletzungs-Inzidenz: Kontrollgruppe 2.4/ 1.000h Spielzeit, Versuchsgruppe 2.1/ 1.000h; Umknicktraumen waren häufigste Verletzungsart in beiden Gruppen, davon akute Verletzungen am SG: Kontrollgruppe 0.9/ 1.000h, Versuchsgruppe 0.5/1.000h; SG-Verletzungsinzidenz in Versuchsgruppe mit Risiko-Differenz von 0.4/ 1.000h signifikant geringer als in Kontrollgruppe; Cox-Regressionsanalyse zeigt geringere Inzidenz für Umknicktrauma in der Versuchsgruppe; Untergruppenanalyse zeigt geringere SG-Verletzungsinzidenz (Inversion) bei Spielern mit vorheriger SG-Problematik	Training: +	Mann-Whitney-Test; Cox-Regressions-Analyse zum Vergleich des Verletzungsrisikos zw. Kontroll-und Studiengruppe	stabil/ instabil
<b>Petersen Braun Bock Schmidt Weimann Drescher Zantop et.al.</b>  2005	Verletzungsinzidenz der unteren Extremität nicht signifikant unterschiedlich in beiden Gruppen; SG am häufigsten verletzt in beiden Gruppen → 12 in Kontrollgruppe (0.50 Verletzungen/ 1.000h), 8 in Studiengruppe (0.29 Verletzungen/ 1.000h); Umknicktrauma am häufigsten in beiden Gruppen (11 in Kontrollgruppe., 7 in Studiengruppe (aber nicht signifikant nach Fisher's test)	Training: +	SPSS; Fisher's exact test	k.A.
<b>Olsen Myklebust Engen Holm Bahr</b>  2005	Anzahl der akuten Verletzungen (Knie) und SG in Kontrollgruppe (81/ 1.000h) signifikant (P=0.001) höher als in Studiengruppe (48), fast 50%; relatives Risiko der Studiengruppe versus Kontrollgruppe 0.53 bei 95% CI; Anzahl akuter Verletzungen bzw. Überbeanspruchung in Studiengruppe 2.9%, in Kontrollgruppe 4.6%, keine Signifikanz (P=0.097)	Training: ++	Stata; Cox-Regressions-Analyse; Wald's test (P-Wert); z-test	k.A.

<i>Autor/Jahr</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Wirkung +/-</i>	<i>Statistische Angaben</i>	<i>SG</i>
<b>Heinz</b> 2001	Probanden mit vorgeschädigtem SG erlitten signifikant häufiger ein schweres Supinationstrauma (P<0.001) als Kontrollgruppe; vorgeschädigte SG gut 3x häufiger von Rezidivtrauma betroffen als nicht vorgeschädigte von Erstereignis; Extremitäten mit positivem Einbein-Stand-Test vor der Studie signifikant (P<0.001) häufiger von schwerem Supinationstrauma betroffen als die mit negativem Einbein-Stand-Test; d.h. propriozeptives Reflexttraining verringert Häufigkeit von SG-Distorsionen und signifikant schwere Supinationstraumen (P=0.028)	Training: +	k.A.	stabil bis 6 Monate davor
<b>Orthesen</b>				
<b>Surve Schwellnus Noakes Lombard</b> 1994	signifikante Reduktion der Inzidenz von Umknicktraumen für die Studiengruppe mit vorherigen Umknicktraumen (0.14/ 1.000h) verglichen mit Kontrollgruppe und vorherigen Umknicktraumen (0.86/ 1.000h); signifikante Reduktion der Verletzungsinzidenz in Kontrollgruppe ohne vorherige SG-Verletzung (46/ 1.000h) verglichen mit Kontrollgruppe mit vorherigen SG-Verletzungen (0.86/ 1.000h); signifikant weniger schwere Verletzungen (Grad I) in Studiengruppe mit vorherigen SG-Verletzungen (0.14/ 1.000h) verglichen mit Kontrollgruppe und vorherigen SG-Verletzungen (0.77/1.000h); d.h. signifikante Reduktion der Inzidenz wiederkehrender Umknicktraumen durch Orthese, aber keine signifikante Reduktion bei gesunden Spielern	im Vergleich: 1. Orthese bei instabilem SG ++ 2. bei gesundem SG –  1. instabiles SG ohne Orthese – 2. instabiles SG mit Orthese +	Chi <sup>2</sup> -test	stabil/ instabil
<b>Tweedy Carson Vicenzino</b> 1994	kein Messunterschied der SG-Inversion zwischen den beiden Orthesen; beide schränkten Inversion signifikant sofort nach Applikation sowie nach 20- und 40minütigen Übungen ein (Leuko 18%, Nessa 23%) im Vergleich zur Situation vor Applikation; signifikanter Unterschied im Inversionsumfang des re. SG mit Orthese (P<0.0001); li. SG zeigt keine Unterschiede während 40minütigen Übungen; signifikanter Restriktionsverlust (Instabilisierung des SG) durch Leuko beim Vergleich Inversion sofort nach Applikation mit der nach 40min (u.a. erklärbar durch die elastische Nachgabe des Neoprens), Nessa zeigt keine signifikanten Unterschiede	beide Orthesen: ++	ANOVA zur Abweichungsanalyse bei wiederholten Messungen; t-test	stabil

<i>Autor/Jahr</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Wirkung +/-</i>	<i>Statistische Angaben</i>	<i>SG</i>
<b>Johnson Veale McCarthy</b>  1994	AA (vor: 18.96°, nach: 21.27°) und A (17.82°, 21.50°) bieten signifikant mehr Restriktion der Inversions-ROM als DJ (20.62°, 24.42°) und M (26.69°, 29.99°) vor und nach der Übung und sind somit auch effektiver, aber DJ signifikant höhere Restriktion als M; durchschnittliche Erhöhung der Inversionsgrade nur 3.27° vor bzw. nach der Übung; alle Gelenkstützen halten auch unter dem Stress der Übungen ihre Fähigkeit der Stabilisation aufrecht (im Gegensatz zum Tape); subjektive Beurteilung bezüglich Stabilität: AA signifikant höher bewertet als DJ, A signifikant höher als M; die meisten würden AA den anderen vorziehen	alle 4 Orthesen: +	t-test; friedmann test; Cochran's Q- test; Dunn's test; statistische Berechnungen mit Absurv WinSTAR und Number Cruncher	stabil bis 6 Monate davor
<b>Anderson Sanderson Hennig</b>  1995	signifikante Reduzierung (P<0.05) des Inversionswinkels im Vergleich zu Orthese vor/ nach der Übung mit der Situation ohne Orthese/ unfunktionelle Orthese während des freien Falls; signifikante (P<0.05) Reduktion der max.Inversionswinkel von 27.4° auf 18.3° (signifikante Reduktion nur in der freier-Fall-Phase, nicht in der Belastungs-Phase) bei einer Zeitverlängerung von 0.14sec auf 0.18sec für den gesamten Fallzeitraum sowie signifikante Reduktion der calcanealen Spitzen-Inversions-Geschwindigkeit von 278.7°/sec auf 183°/sec; d.h. Einschränkung der Inversion während des Falls vor der aktuellen Landung erscheint schneller zu funktionieren als die Kraftumgehung für die lateralen Ligamente während der Belastung nach dem Fußkontakt; auch nach den Übungen Reduktion der Inversionswinkel und Schnelligkeit, jedoch signifikant geringer als vorher (2%, P<0.05)	Orthesen: +	Tukey's posthoc test	stabil bis 6 Monate davor
<b>Thonnard Bragard Willems Plaghki</b>  1996	PushBrace erzielt nur Stabilität bei 0° Inversion; keine Abhängigkeit der Stabilisierung von der Schnelligkeit der Inversionsbewegung; beide Orthesen steigerten etwas den passiven Widerstand gegen SG-Inversions-Bewegung gegenüber dem Barfuß; Absorption der mechanischen Energie, die bei Umknicktraumen entsteht, durch Orthese nicht wahrscheinlich; Hauptfunktion der Orthese ist Vorspannung SG und Aufrechterhaltung der korrekten Position der artikulierenden Oberflächen	beide Orthesen: -	Wilcoxon Test (Vergleich zw. statischen und dynamischen Bedingungen für Barfuß- und Orthesen- Situation); statistische Kalkulationen mit SYSTAT- Software	stabil

<i>Autor/Jahr</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Wirkung +/-</i>	<i>Statistische Angaben</i>	<i>SG</i>
<b>Amoroso Ryan Bickley Leitschuh Taylor Jones</b>  1998	35 Probanden erlitten eine oder mehrere Verletzungen, davon meist SG; signifikant mehr Umknicktraumen in der Kontrollgruppe; laterale (Inversions)-Distorsionen Kontrollgruppe/ Studiengruppe = 7/1 (P=0.04), andere Verletzungen am SG (Syndesmosen-Traumen, SG-Frakturen) ohne signifikanten Unterschied; externe Rotation (verursachte 1 Fraktur in Studiengruppe) kann aber nicht vermieden werden	Orthese: +	Student's Test zur Analyse der persönlichen Daten; Chi <sup>2</sup> -Test zur Analyse der kategorischen charakteristischen Daten; 2x2Chi <sup>2</sup> -Analyse	stabil/ instabil
<b>Schumacher Creedon Pope</b>  2000	Ohne Orthese: 35 SG-Verletzungen (4.5/1.000) sowie 316 Tage ärztlich verordnete Restriktion/ 1.000Sprünge; mit Orthese: 9 SG-Verletzungen (1.5/ 1.000) und 71Tage Restriktion/ 1.000; d.h. signifikante Reduzierung der Verletzungsrate mit PAB um 67% (von 4.5/ 1.000Sprünge auf 1.5/1000, P=0.002), SG-Fraktur Rate um 55% gesenkt	Orthese: ++	Fisher's exact test; Pearson x <sup>2</sup> -test; t-test	k.A.
<b>Ubell Boylan Ashton- Miller Wojtys</b>  2003	Erfolgsquote (EQ) ohne Orthese war Ø 24%; alle 3 Orthesen steigerten EQ auf Ø 44%; nur A (46%EQ, P=0.006) und B (52%EQ, P=0.006) bewiesen eine signifikante Steigerung der Widerstandskraft gegen den standardisierten dynamischen forcierten Inversions-Stimulus im Vergleich zu S; subjektive Beurteilung durch die Probanden bezüglich Vertrauen in Stabilisierung und Komfort: S	1. beide Orthesen: ++ 2. Schnürbandage: -	logistische Regressionsanalyse; t-test	stabil bis 6 Monate davor
<b>Greene Wight</b>  1990	alle Orthesen bieten vor der Übung signifikante ROM-Einschränkung (P<0.01), dabei keine signifikanten Unterschiede zwischen ALP und A, S bot signifikant weniger Einschränkung als ALP und A (P<0.01); nach 20min signifikante Reduktion der Bewegungseinschränkung durch S (P<0.01); nach 40min weiterer signifikanter Verlust, hingegen ALP und A keinen signifikanten Einschränkungsverlust zeigen (P>0.01); gebotene Stabilisierung durch S nach der Übung auf 35% der initialen Restriktion reduziert; A und ALP zeigten je 12% und 8% Stabilisierungsverlust; A zeigte zudem signifikante Einschränkung der Rennfähigkeiten der Probanden (langsamere Basis-Rennzeiten), ALP und S haben keinen negativen Einfluss; subjektive Beurteilung der Orthesen durch die Probanden: ALP> S> A; d.h. ALP am effektivsten gegenüber initialem Umknicktrauma	1. beide Orthese n: ++ 2. Schnürbandage : -	ANOVA-Abweichungsanalyse; Ermittlung Pearson-Product Moment Korrelations-Koeffizient r=0.95 nachfolgend 20 wiederholter Inversions/Eversionsmessungen	stabil

<i>Autor/Jahr</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Wirkung +/-</i>	<i>Statistische Angaben</i>	<i>SG</i>
<b>Alves Alday Ketcham Lentell</b>  1992	ROM-Restriktion bei allen 4 Orthesen vor und nach der Übung signifikant erhöht (P<0.05) im Vergleich zur Situation vor Applikation, höchste Bewegungseinschränkung durch A (29% vor, 27% nach der Übung); A und ALP weisen signifikant höhere Restriktion sowohl vor als auch nach der Übung als S und K auf (P<0.05); subjektive Stabilitäts-Beurteilung durch Probanden zugunsten A, bezüglich des Tragekomforts K> A> S> ALP	alle: ++	ANOVA	stabil
<b>Sitler Ryan Wheeler McBride Arciero Anderson Horodyski</b>  1994	gesamte Verletzungsrate = 3.4/1.000 Übungen bzw. Spiele; 46 aller Probanden (2.6%) erlitten SG-Verletzungen (46 Umknicktraumen), davon 11 in Studiengruppe, 35 in Kontrollgruppe, P<0.01, d.h.signifikante Reduzierung der Häufigkeit auftretender SG-Verletzungen, Verletzungsraten: 1.6/1.000 in Studiengruppe vs. 5.2/1.000 in Kontrollgruppe; Verletzungsrisiko in Kontrollgruppe 3fach höher als in Studiengruppe; weniger Kontakt-Verletzungen (z.B. nach Landung auf dem Fuß des Gegners) bei Spielern mit Orthese; keine signifikante Reduzierung schwerer SG-Verletzungen; subjektive Bewertung durch die Spieler: signifikante (P<0.01) Steigerung des positiven/ neutralen Tragegefühls von 52% vor und 70% nach der Spielzeit	Orthese: ++	Chi <sup>2</sup> -Test; one-sample binomial test; Fisher's exact test; McNemar's dependent test	stabil/ instabil
<b><i>Kombination Tape/ Orthese (Bandage)/ Schuhe</i></b>				

<p><b>Rovere Clarke Yates Burley</b></p> <p>1988</p>	<p>224 erlitten SG-Verletzungen, davon 195 Umknicktraumen, 24 Wiederverletzungen, davon 23 mit Tape; niedrigste Verletzungsquote bei Probanden mit Schnürbandage + niedrigen Schuhen; Spieler mit Bandage haben signifikant (P=0.003) geringeres Verletzungsrisiko als die mit Tape; signifikante Unterschiede zwischen hohen vs. niedrigen Schuhen (P=0.004) sowie Bandage vs. Tape (P=0.0006); d.h. Bandage relativ effektiver unberücksichtigt des Schuhtyps</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Schnürbandage &amp; niedrig-schaftige Schuhe: ++</li> <li>2. im Vergleich : Schnürbandage: ++ Tape: --</li> <li>3. im Vergleich : hoch-schaftige Schuhe: + niedrig-schaftige Schuhe: -</li> </ol>	<p>Chi<sup>2</sup>-Test; Freeman-Tukey-Test; Mantel-Haenszel-Analyse</p>	<p>stabil/ instabil</p>
--	---	---	--	-----------------------------



Autor/Jahr	Ergebnisse	Wirkung +/-	Statistische Angaben	SG
<b>Kombination Tape/ Orthese (Bandage)</b>				
<b>Greene Hillmann</b> 1990	beide bieten initial/ sofort nach Applikation signifikante (P<0.01) ROM-Restriktion von ca. 40% im Vergleich zur Situation ohne Stabilisierungshilfe, nach 3h Übung zeigte Tape noch 15%, Orthese 37%; max. Verlust der Bewegungseinschränkung für Tape nach 20min während der Übung (Total-ROM nach Applikation: 77.25, nach 60min Übung 126.25; Orthese im Vergleich: vorher 75.82, danach 84.89); Orthese zeigte signifikant größere ROM-Restriktion (P<0.01) als Tape und insgesamt einen signifikanten Verlust der Bewegungseinschränkung nach der Übung für Eversions-ROM, aber nicht für Inversions-ROM; d.h. Orthese überlegen	1. Orthese: ++ 2. Tape: ++ initial	two-way-test zur Abweichungs-Analyse (ANOVA); Newman-Keuls-Vergleichs-Test, Pearson Korrelations-Koeffizient r= 0.97	stabil bis 6 Monate davor
<b>Gross Batten Lamm Lorren Stevens Davis Wilkinson</b> 1994	beide Gelenkstützen reduzierten signifikant Inversion nach Applikation und Eversion/ Inversion nach Übung im Vergleich zur Situation vor Applikation; nach der Übung signifikante Erhöhung der Eversionsmessungen im Vergleich zur Situation direkt nach Applikation; SS bietet mehr Inversionseinschränkung nach Applikation als ALP, aber signifikanter Restriktions-verlust nach der Übung; Inversions-winkelabstand nach Applikation größer bei ALP als bei Tape; beide Stützen unterschieden sich nicht signifikant nach der Übung bezüglich Eversions- oder Inversionsmessungen; subjektive Beurteilung bezüglich Komfort ergab 14 Zustimmungen für ALP (von 16), bezüglich Stabilität 14 für SS	Tape/ Orthese: ++	ANOVA (Abweichungs-Analyse); Tukey HSD test	stabil bis 6 Monate davor
<b>Jerosch Hofstetter Bork Bischof</b> 1995	hohe signifikante (P<0.01) Unterschiede zwischen gesundem/ instabilem SG; Unterschiede 'Standard vs. M' und 'Standard vs. A' offenbarten signifikante (P<0.01) Reduktion der Punktwerte mit Orthese; keine signifikanten Unterschiede zwischen Standard/ Tape und A/M; beim Einbein - Stand-Test zeigte 'Standard' signifikant schlechtere Werte als M und A, am schlechtesten T; Winkelreproduktion bei 'Standard' signifikant schlechter als bei M, A und T; d.h.alle 3 Tests zeigen signifikante Verbesserung der propriozeptiven Fähigkeiten, keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden wieder verwendbaren Orthesen A und M, Verbesserung vor allem bei SG-Instabilität, Tape nicht effektiv	1. Orthesen : + 2. Tape: -	Wilcoxon test	stabil/ instabil

<i>Autor/Jahr</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Wirkung +/-</i>	<i>Statistische Angaben</i>	<i>SG</i>
<b>Müller Hinter- mann</b>  1996	signifikante Einschränkung der Abduktion des Fußes (entsprechend Innenrotation Tibia), unabhängig von Flexionsstellung, aller Stützen, außer Künzli bei dorsalflexiertem Fuß, höchste Einschränkung durch Mikros; signifikante Einschränkung der Adduktion (entspr. Außenrotation Tibia) aller Stützen außer Mikros und Tape bei dorsalflexiertem Fuß; Einschränkung der Tibia-Außenrotation war in der (für Bandverletzungen kritischen) Plantarflexion von 10-20° am größten mit Künzli-Stabilschuh (im Vergleich: Micros-Bandage und Tape in diesem Bereich ca. 6fach niedrigere Werte)	bei Adduktion: 1. Stabilschuh ++ 2. semirigide Orthese + 3. Tape/ Schnür- bandage -	t-test	stabil
<b>Hopper McNair Elliott</b>  1999	Vermutung, daß vGRF's bei Landung mit Tape/ Orthese bei Abbremsung des Körpers höher seien, nicht bestätigt (Werte zw. 3 Bedingungen waren 3.12 - 3.37 BW) ; Tendenz einer verkürzten Zeit bis zur vertikalen Kraftspitze mit Orthese; abnehmende EMG-Aktivität vom Mm.peroneus longus u. gastrocnemius durch die Orthese, d.h. verminderte Notwendigkeit der Muskeln, das SG zu stabilisieren; ersichtlich, daß Muskelaktivität und Bewegung der unteren Extremitätengelenke das Ausmaß der Aufprallkraft und resultierenden Gelenkbelastung beeinflussen kann	Tape/ Bandage: +	Abweichungs- analyse bei wiederholten Messungen; Bonferroni Abgleichung (P<0.007)	k.A.
<b>Riemann Schmitz Gale McCaw</b>  2002	erste Kraftspitze vor dem Laufen (P=0.025) und die bei harter Landung (P=0.001) signifikant größer als danach bzw. als bei weicher Landung; Zeit bis zum ersten/ zweiten Kraftbelastungsgipfel signifikant geringer mit Orthese und Tape im Vergleich zur Kontrollgruppe, d.h., dass während dynamischer Aktivität die muskuloskelettalen Strukturen des Körpers innerhalb einer kürzeren Zeit belastet werden	beide: +	3-Faktor wiederholte Mess- Abweichungs- analyse; Tukey post hoc test; F- test; ANOVA	stabil

<i>Autor/Jahr</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Wirkung +/-</i>	<i>Statistische Angaben</i>	<i>SG</i>
<b>Myburgh Vaughan Isaacs</b>  1984	keine signifikante ROM-Einschränkung der beiden Orthesen bei allen Bewegungen; vor der Übung zeigten beide Tapes signifikante (P=0.005, 0.01, 0.05) Einschränkung der ROM, ausgenommen bei Dorsiflexion, da nur signifikante Restriktion durch ZnO-Tape; höhere Restriktion bei Plantarflexion durch ZnO-Tape (P=0.005) als durch elastisches Tape (P=0,01); nach 10min Übung zeigt elastisches Tape höheren Stabilitätsverlust als ZnO- Tape sowie nur noch resrtriktiv bei Plantarflexion und neutraler Inversion; nach 1h keine signifikante Restriktion beider Tapes mehr; d.h. 20-40% ROM-Restriktion durch Tape vor der Übung, nach 1h 10-20%; subjektive Beurteilung der Probanden zugunsten elastischem Tape	Tape/ Orthese: +	Abweichungs- analyse	stabil
<b>Frankeny Jewett Hanks Wayne</b>  1993	beste Taping-Methode: Hinton-Boswell mit höchster Inversionseinschränkung (P<0.05); Gill-Methode und Schnürbandage zeigten die geringste Inversionseinschränkung; Benzoetinktur steigert die Wirksamkeit des Taping im Vgl. zum prewrap oder Taping direkt auf die Haut (P<0.05); ca. 50% Verlust der Stabilisierung gingen nach der Übung verloren; d.h. die Effektivität des Tapings ist wesentlich abhängig von der Applikationsart	1. Taping- Methode Hinton- Boswell bei Inversio n: + 2. Gillmeth ode & Schnür- bandage: -	t-test	k.A.
<b>Gross Bradshaw Ventry Weller</b>  1987	signifikant weniger Bewegungs- einschränkung vor Applikation/ nach Übung als nach Applikation für Tape und Orthese; Orthese bietet nach der Übung signifikant mehr Restriktion als Tape (Ø Inversionsbewegung nach Applikation: 35.20°/ 31.88°, nach der Übung: 32.10°/ 40.40°; Ø Eversionsbewegung nach Applikation: 36.65°/ 26.22°, nach der Übung: 28.30°/ 35.00° )	1) Orthese: ++ 2) Tape: +	ANOVA; Tukey-HSD- test	stabil bis 4 Monate vorher

<i>Autor/Jahr</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Wirkung +/-</i>	<i>Statistische Angaben</i>	<i>SG</i>
<b>Bunch Bednarsky Holland Macinanti</b>  1985	frisch angebrachtes Tape lieferte die größte Bewegungseinschränkung (25% steifer als beste Orthese, 70% steifer als Baumwoll-Umwicklung), nach 350 Inversions-Perioden jedoch Restriktions-Verlust bei Taping am höchsten (21% Verlust); keine signifikanten Unterschiede zwischen Tape und zwei besten Orthesen hinsichtlich Stabilisierung nach 350 Inversions-Durchgängen (d.h. nach 20minütiger Übung Tape, M9, S ungefähr auf einem Stabilisierungslevel); aber: durch Verwendung des Modells keine physiologische Tape- Haut-Verbindung, die zum weiteren Verlust führen kann; Ergebnisse für die Orthesen sind genauer, da unabhängig vom Verbund mit der Haut, d.h. S und M9 sind gleich effektiv/ etwas effektiver wie/ als Tape	alle: +	Abweichungs- analyse; Tukey-Test	Modell
<b>Bröcker</b>  2001	beste Ergebnisse für starre Orthesen: Dyna-Ankle (Reduktion des Supinationswinkels um 61%) und Caligamed (Reduktion 51%), beide zeigten im direkten Einzelvergleich gegenüber allen anderen Methoden signifikant bessere Reduktionswerte; zweitbeste halbstarre Orthesen waren Antiv und Malleoloc (je 41% Reduktion); halbstarre Orthesen Aircast und mediMAC sowie weiche Orthesen Mikros und RocketSoc mit 33-36% Reduktion; Tape zeigte das signifikant schlechteste Ergebnis mit 17% Reduktion; signifikanter Unterschied zwischen starren und halbstarren/ weichen Orthesen	1. rigide Orthesen : ++ 2. semirigi de und weiche: + 3. Tape: -	Kenndall-W- Test zur Validitäts- überprüfung der Testergebnisse ; Wilcoxon- Test; SPSS 8.0	k.A.
<b><i>Kombination propriozeptives Training/ Orthese (Bandage)</i></b>				
<b>Tropp Askling Gillquist</b>  1985	Kontrollgruppe: 17% erlitten Umknicktrauma, 25% der Spieler mit vorhergehender Problematik (P< 0.05); Gruppe 2): 3% Umknicktrauma (P<0.05), 2% der Spieler mit vorhergehender Problematik (P<0.01) Gruppe 3): 5% Umknicktrauma (P<0.01), 5% der Spieler mit vorhergehender Problematik (P<0.01); Inzidenz Umknicktrauma durch AD-Training und Orthese sowohl bei Vorbelasteten als auch Gesunden reduziert	AD/ Orthese: ++	übliche statistische Verfahren, eingeschlosse n x <sup>2</sup> - Test	stabil/ instabil
<b>Stasino- poulos</b>  2004	alle 3 Maßnahmen waren effektiv in der Verminderung weiterer Umknicktraumen; Technisches Training etwas effektiver; Orthese nicht mehr effektiv bei Sportlern mit mehr als 3 vorherigen SG-Verletzungen, dann eher technisches /propriozeptives Training	alle: +	k.A.	instabil

<i>Autor/Jahr</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Wirkung +/-</i>	<i>Statistische Angaben</i>	<i>SG</i>
<b><i>Kombination Tape/ Schuhe</i></b>				
<b>Garrick Requa</b>  1973	insgesamt 66: SG (55)- und Knie (11) - Verstauchungen; 22 Umknicktraumen/ 1.000 Spiele, Differenzen zwischen einzelnen Schuhtypen und Gruppen: hohe Schuhe + Taping zeigten geringste Inzidenz an Umknicktraumen von 6.5/1.000Spiele; 5fach höhere Inzidenz bei niedrigen Schuhen ohne Taping mit 33.4/1.000; dazwischen liegen hohe Schuhe ohne Tape mit 30.4/1.000 und niedrige Schuhe + Tape mit 17.6/1.000, Signifikanz (P<0.025); Spieler mit häufigen vorherigen Verletzungen hatten 2x höhere Verletzungswahrscheinlichkeit als die vorher Unverletzten (27.7 vs. 13.9/1.000), P<0.025; Gruppe mit hochschäftigen Schuhen bei vorheriger SG-Problematik hatte Verletzungsinzidenz <1/2 als die mit niedrigem Schuhschaft; 11 moderat-schwere Umknicktraumen, davon nur 1 Spieler mit Tape und nur 3 Spieler mit hohem Schuhschaft	1. hochschäftige Schuhe & Taping: ++ 2. niedrigschäftige Schuhe & Taping: + 3. hochschäftige Schuhe: +/- 4. niedrigschäftige Schuhe: -	Chi <sup>2</sup> -Test	stabil/ instabil
<b><i>Simulation einer äußeren Stabilisierungshilfe (durch Blutdruckmanschette)</i></b>				
<b>You Granata Bunker</b>  2004	CAP steigerte die propriozeptive Steifheit und zeigte einen Trend gesteigerter aktiver Steifheit im SG signifikant; infolgedessen verbesserte Haltungsverstabilität bei der Gruppe mit niedriger propriozeptiver Schärfe im Gegensatz zur Gruppe mit hoher propriozeptiver Steifheit (sensibles Feedback bei letzteren 'normal' und deshalb kein zusätzlicher neuromuskulärer Nutzen; passive Steifheit durch CAP oder propriozeptiven Stand nicht beeinflusst; Wirkung zirkumferenten Drucks durch Tape, Schuhe etc. sinnvoll bei Menschen, die verschlechterte SG-Propriozeption haben	+	ANOVA; Tukey's test;	stabil/ instabil

### 6.3 Studiendesign/ Evidenzlevel/ Effekt

Tabelle 7 Studiendesign/ Evidenzlevel/ Effekt

Erläuterungen: n.r. = nicht randomisiert  
 1) = vorwiegend initial  
 2) = nur initial

<i>Autor</i>	<i>Jahr</i>	<i>Studiendesign</i>	<i>Evidenzlevel</i>	<i>Effekt</i>
<b><i>Taping</i></b>				
Rarick, Bigley, Karst, Malina	1962	experimentell (n.r.)	IIa	+
Laughman, Carr, Chao, Youdas, Sim	1980	experimentell (n.r.)	IIa	++ 1)
Yamamoto, Kigawa, Xu	1993	experimentell (n.r.)	IIa	+
Robbins, Waked, Rappel	1995	RCT	Ib	++
Pope, Renstrom, Donnermeyer, Morgenstern	1987	experimentell (Modell, n.r.)	IV	+/-
Fumich, Ellison, Guerin, Grace	1981	experimentell (n.r.)	IIa	--
<b><i>Hoch- und niedrigschäftige Schuhe</i></b>				
Brizueta, Llana, Ferrandis, Garcia-Belenguer	1997	experimentell (n.r.)	IIa	+
Avramakis, Stakoff, Stüssi	2000	experimentell (n.r.)	IIa	++
Barrett, Tanji, Drake	1993	RCT	Ib	-
<b><i>Propriozeptives Training</i></b>				
Bahr, Lian	1997	Kohortenstudie	IIa	++ 2)
Wedderkopp, Kaltloft, Froberg, Lundgaard, Rosendahl	1999	RCT	Ib	++ 2)
Junge, Rosch, Peterson, Graf-Baumann, Dvorak	2002	Kohortenstudie	IIa	+
Wedderkopp, Kaltloft, Holm, Froberg	2003	RCT	Ib	++
Verhagen, Beek, Twisk, Bouter, Bahr, Mechelen	2004	RCT	Ib	++
Petersen, Braun, Bock, Schmidt, Weimann, Drescher, Zantop et.al.	2005	kontrollierte Kohorten-studie	IIa	+
Olsen, Myklebust, Engbretsen, Holme, Bahr	2005	Kohortenstudie	IIa	++
Heinz, Peter	2001	RCT	Ib	++

<i>Autor</i>	<i>Jahr</i>	<i>Studiendesign</i>	<i>Evidenzlevel</i>	<i>Effekt</i>
<b><i>Orthesen</i></b>				
Surve, Schweltnus, Noakes, Lombard	1994	RCT	Ib	+/-
Tweedy, Carson, Vicenzino	1994	RCT	Ib	++
Johnson, Veale, McCarthy	1994	experimentell	Ib	+
Anderson, Sanderson, Hennig	1995	experimentell (n.r.)	IIa	++
Thonnard, Bragard, Willems, Plaghki	1996	experimentell (n.r.)	IIa	-
Amoroso, Ryan, Bickley, Leitschuh, Taylor, Jones	1998	RCT	Ib	++
Schumacher, Creedon, Pope	2000	Fall-Kontrollstudie	IIIb	++
Ubell, Boylan, Ashton-Miller, Wojtys	2003	experimentell (n.r.)	IIa	++
Greene, Wight	1990	RCT	Ib	++
Alves, Alday, Ketcham, Lentell	1992	experimentell	Ib	++
Sitler, Ryan, Wheeler, McBride, Arciero, Anderson, Horodyski	1994	Kohortenstudie	IIa	++
<b><i>Kombination Tape/ Orthese (Bandage)/ Schuhe</i></b>				
Rovere, Clarke, Yates, Burley	1988	Fall-Kontrollstudie	IIIb	+/-
<b><i>Kombination Tape/ Orthese (Bandage)</i></b>				
Greene, Hillmann	1990	RCT	Ib	++
Gross, Batten, Lamm, Lorren, Stevens, Davis, Wilkerson	1994	experimentell (n.r.)	IIa	++
Jerosch, Hofstetter, Bork, Bischof	1995	Kohortenstudie	IIa	+/-
Müller, Hintermann	1996	experimentell (n.r.)	IIa	+/-
Hopper, McNair, Elliott	1999	experimentell (n.r.)	IIa	-
Riemann, Schmitz, Gale, McCaw	2002	experimentell (n.r.)	IIa	+
Myburgh, Vaughan, Isaacs	1984	experimentell (n.r.)	IIa	++ 1)
Frankeny, Jewett, Hanks, Wayne	1993	experimentell (n.r.)	IIa	+/-
Gross, Bradshaw, Ventry, Weller	1987	RCT	Ib	++
Bunch, Bednarsky, Holland, Macinanti	1985	experimentell (n.r.)	IIa	+
Bröcker, Leif	2001	experimentell	Ib	++
<b><i>Kombination propriozeptives Training/ Orthese (Bandage)</i></b>				
Tropp, Asklung, Gillquist	2001	RCT	Ib	++
Stasinopoulos	2004	RCT	IIa	+
<b><i>Kombination Tape/ Schuhe</i></b>				
Garrick, Requa	1973	RCT	Ib	++
<b><i>Simulation einer äußeren Stabilisierungshilfe (durch Blutdruckmanschette)</i></b>				
You, Granata, Bunker	2004	Fall-Kontrollstudie	IIb	+/-

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

- Alves, J., Alday, R., Ketcham, D., Lentell, G. A comparison of the passive support provided by various ankle braces. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 15., (1992)
- Amoroso, P., Ryan, J., Bickley, B., Leitschuh, P., Taylor, D., Jones, B. Braced for impact: reducing military paratroopers' ankle sprains using outside-the-boot braces. *J Trauma* 45(3): 575-80, (1998)
- Anderson, D., Sanderson, D., Hennig, E. The role of external nonrigid ankle bracing in limiting ankle inversion. *Clin J Sport Med* 5(1): 18-24, (1995)
- Avramakis, E., Stacoff, A., Stüssi, E. Shoe design and lateral stability in floorball. *Canmore. Proceedings of the IVth Symposium on footwear biomechanics*, (1999)
- Avramakis, E., Stakoff, A., Stüssi, E. Effect of shoe shaft and shoe sole height on the upper ankle joint in lateral movements in floorball (uni-hockey) *Sportverletz Sportschaden* 14(3): 98-106, (2000)
- Bahr, R., Karlsen, R., Lian, O. Incidence and mechanism of acute ankle inversion injuries in volleyball. *Am J Sports Med* 22, (1994)
- Bahr, R., Lian, O., Bahr, I. A twofold reduction in the incidence of acute ankle sprains in volleyball after the introduction of an injury prevention program: a prospective cohort study. *Scand J Med Sci Sports* 7(3): 172-7, (1997)
- Barrett, J., Bilisko, T. The role of shoes in the prevention of ankle sprains. *Sports Med* 20(4): 277-80, (1995)
- Barrett, J., Tanji, J., Drake, C., Fuller, D. Kawasaki, R., Fenton, R. High- versus low-top shoes for the prevention of ankle sprains in basketball players. A prospective randomized study. *Am J Sports Med* 21(4): 582-5, (1993)
- Bennell, K., McCrory, P. The role of ankle support in the prevention of ankle injury. *Sports health* 10, (1992)
- Brizuela, G., Llana, S., Ferrandis, R., Garcia Belenguier, A. The influence of basketball shoes with increased ankle support on shock attenuation and performance in running and jumping. *J Sports Sci* 15(5): 505-15, (1997)



- Bröcker, L. Antisupinatorische Wirksamkeit von Sprunggelenksorthesen bei dynamischer Belastung: Eine vergleichende Analyse, Diss. FU Berlin (2001)
- Bunch, R., Bednarsky, K., Holland, D., Macinanti, R. A comparison of reusable lace-on braces with taping and wrapping. *The physician and sportsmedicine* 13: 59-62, (1985)
- Burks, R., Bean, B., Marcus, R., Barker, H. Analysis of athletic performance with prophylactic ankle devices. *Am J Sports Med* 19(2): 104-6, (1991)
- Frankeny, J., Jewett, D., Hanks, G., Sebastianelli, W. A comparison of ankle taping methods. *clinical journal of sport medicine* 3: 20-25, (1993)
- Fumich, R., Ellison, A., Guerin, G., Grace, P. The measured effect of taping on combined foot and ankle motion before and after exercise. *Am J Sports Med* 9(3): 165-70, (1981)
- Garrick, J., Requa, R. Role of external support in the prevention of ankle sprains. *Med Sci Sports* 5(3): 200-3, (1973)
- Garrick, J., Requa, R. The epidemiology of foot and ankle injuries in sports. *Clin Podiatr Med Surg* 6: 629-637, (1989)
- Gotzes, M. Einflüsse von Sprunggelenkkorthesen und Tape auf die Stand- und Sprungkoordination bei Sprunggelenkgesunden und bei Probanden mit Sprunggelenkinstabilität nach Supinationstrauma. Münster (Westfalen), Univ., Diss., (2004)
- Greene, T., Wight, C. A comparative support evaluation of three ankle orthoses before, during and after exercise. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 11: 453-466, (1990)
- Greene, T., Hillman, S. Comparison of support provided by a semirigid orthosis and adhesive ankle taping before, during, and after exercise. *Am J Sports Med* 18(5): 498-506, (1990)
- Gross, M., Bradshaw, M., Ventry, L., Weller, K. Comparison of support provided by ankle taping and semirigid orthosis. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 9: 33-39, (1987)

- Gross, M., Batten, A., Lamm, A., Lorren, J., Stevens, J., Davis, J., Wilkerson, G. Comparison of DonJoy ankle ligament protector and subtalar sling ankle taping in restricting foot and ankle motion before and after exercise. *J Orthop Sports Phys Ther* 19(1): 33-41, (1994)
- Gross, M., Clemence, L., Cox, B., McMillan, H., Meadows, A., Piland, C., Powers, W. Effect of ankle orthoses on functional performance for individuals with recurrent lateral ankle sprains. *J Orthop Sports Phys Ther* 25(4): 245-52, (1997)
- Gross, M., Liu, H. The role of ankle bracing for prevention of ankle sprain injuries. *J Orthop Sports Phys Ther* 33(10): 572-7, (2003)
- Heinz, P. Propriozeptives Reflexttraining zur Prävention von Sprunggelenkverletzungen im Basketballsport: eine prospektive randomisierte Studie, Diss. TU Dresden, (2001)
- Hopper, D., McNair, P., Elliott, B. Landing in netball: effects of taping and bracing the ankle. *Br J Sports Med* 33(6): 409-13, (1999)
- Hume, P., Gerrard, D. Effectiveness of external ankle support. Bracing and taping in rugby union. *Sports Med* 25(5), (1998)
- Jerosch, J., Hoffstetter, I., Bork, H., Bischof, M. The influence of orthoses on the proprioception of the ankle joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 3(1): 39-46, (1995)
- Jerosch, J., Thorwesten, L., Bork, H., Bischof, M. Is prophylactic bracing of the ankle cost effective? *Orthopedics* 19(5): 405-14, (1996)
- Jerosch, J., Thorwesten, L., Frebel, T. Einfluss von externen Stabilisierungshilfen am Sprunggelenk auf sportmotorische Fähigkeiten beim Einbeinsprung. [Effect of external stabilizing agents of the ankle joint on sports motor capacities in one legged jumping]. *Sportverletz Sportschaden* 11(1): 27-32, (1997)
- Johnson, G., Dowson, D., Wright, V. A biomechanical approach to the design of football boots. *J Biomech* 9(9): 581-5, (1976)
- Johnson, R., Veale, J., McCarthy, G. Comparative study of ankle support devices. *J Am Podiatr Med Assoc* 84(3): 107-14, (1994)

- Junge, A., Rosch, D., Peterson, L., Graf Baumann, T., Dvorak, J. Prevention of soccer injuries: a prospective intervention study in youth amateur players. *Am J Sports Med* 30(5): 652-9, (2002)
- Laughman, R., Carr, T., Chao, E., Youdas, J., Sim, F. Three-dimensional kinematics of the taped ankle before and after exercise. *Am J Sports Med* 8(6): 425-31, (1980)
- Macpherson, K., Sitler, M., Kimura, I., Horodyski, M. Effects of a semirigid and softshell prophylactic ankle stabilizer on selected performance tests among high school football players. *J Orthop Sports Phys Ther* 21(3): 147-52, (1995)
- Miller, E., Hergenroeder, A. Prophylactic ankle bracing. *Pediatr Clin North Am* 37, (1990)
- Müller, C., Hintermann, B. Die Wirkung von ausseren Stabilisierungshilfen auf die Rotationsstabilität der Sprunggelenke. [Effectiveness of outer stability aids on rotational stability of the ankle joints]. *Sportverletz Sportschaden* 10(4): 84-7, (1996)
- Myburgh, K., Vaughan, C., Isaacs, S. The effects of ankle guards and taping on joint motion before, during, and after a squash match. *Am J Sports Med* 12(6): 441-6, (1984)
- Nigg, Reinschmidt, Nigg Reliability and validity of active, passive and dynamic range of motion tests. *Sportverletz Sportschaden* 9, (1995)
- Olmsted, L., Vela, L., Denegar, C., Hertel, J. Prophylactic Ankle Taping and Bracing: A Numbers-Needed-to-Treat and Cost-Benefit Analysis. *J Athl Train* 39(1): 95-100, (2004)
- Olsen, O., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., Bahr, R. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ* 330(7489): 449, (2005)
- Petersen, W., Braun, C., Bock, W., Schmidt, K., Weimann, A., Drescher, W., Eiling, E., Stange, R., Fuchs, T., Hedderich, J., Zantop, T. A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Arch Orthop Trauma Surg*, (2005)

- Pienkowski, D., McMarrow, M., Shapiro, R., Caborn, D., Stayton, J. The effect of ankle stabilizers on athletic performance. *Am. J. Sports Med* 23: 757-762, (1995)
- Podzielnny, S. Biomechanische und neuromuskuläre Wirkungsmechanismen von Trainingsprogrammen zur Verletzungsprävention des Sprunggelenks. Dissertation Stuttgart, (2000)
- Pope, M., Renstrom, P., Donnermeyer, D., Morgenstern, S. A comparison of ankle taping methods. *Med Sci Sports Exerc* 19(2): 143-7, (1987)
- Quigley T., Cox, J., Murphy J. A protective wrapping for the ankle. *JAMA* Dec.14, (1946)
- Rarick, G., Bigley, G., Karst, R., Malina, R. The measurable support of the ankle joint by conventional methods of taping. *Am J Orthop* 44-a: 1183-90, (1962)
- Riemann, B., Schmitz, R., Gale, M., McCaw, S. Effect of ankle taping and bracing on vertical ground reaction forces during drop landings before and after treadmill jogging. *J Orthop Sports Phys Ther* 32(12): 628-35, (2002)
- Robbins, S., Waked, E. Factors associated with ankle injuries. Preventive measures. *Sports Med* 25(1): 63-72, (1998)
- Robbins, S., Waked, E., Allard, P. Aging in relation to optimization of footwear in older men. *J Am Geriatr Soc* 45, (1997)
- Robbins, S., Waked, E., Rappel, R. Ankle taping improves proprioception before and after exercise in young men. *Br J Sports Med* 29(4): 242-7, (1995)
- Robinson, J., Frederick, E., Cooper, L. Systematic ankle stabilization and the effect on performance. *Med Sci Sports Exerc* 18(6): 625-8, (1986)
- Rovere, G., Clarke, T., Yates, C., Burley, K. Retrospective comparison of taping and ankle stabilizers in preventing ankle injuries. *Am J Sports Med* 16(3): 228-33, (1988)
- Sander, E. Ligamentous injuries to the ankle. *Am Fam Physician* 22, (1980)

- Scheuffelen, C., Gollhofer, A., Lohrer, H. Co-ordination and/or strength training in prevention of acute ankle sprain in healthy subjects. International Society of Biomechanics - Congress, Jyväskylä, Finland, (1995)
- Schumacher, J., Creedon, J., Pope, R. The effectiveness of the parachutist ankle brace in reducing ankle injuries in an airborne ranger battalion. *Mil Med* 165(12): 944-8, (2000)
- Seligson, D., Gassmann, J., Pope, M. Ankle instability: evaluation of the lateral ligaments. *Am J Sports Med* 8, (1980)
- Sitler, M., Ryan, J., Wheeler, B., McBride, J., Arciero, R., Anderson, J., Horodyski, M. The efficacy of a semirigid ankle stabilizer to reduce acute ankle injuries in basketball. A randomized clinical study at West Point. *Am J Sports Med* 22(4): 454-61, (1980)
- Sommer, H., Schreiber, H. Die früh-funktionelle konservative Therapie der frischen Kapsel-Band-Ruptur aus sozial-ökonomischer Sicht. *Sportverletz Sportschaden* 7: 40-46, (1993)
- Stacoff, A., Stüssi, E. External stabilizers for the foot. *Sportverletz Sportschaden* 7(4), (1993)
- Stacoff, A., Stüssi, E., Sonderegger, D. Lateral stability of sport-shoes. Winter, D.A. et al. (eds.): *Biomechanics IXB. Human Kinetics, Champaign*, (1993)
- Stasinopoulos, D. Comparison of three preventive methods in order to reduce the incidence of ankle inversion sprains among female volleyball players. *Br J Sports Med* 38(2): 182-5, (2004)
- Surve, I., Schwellnus, M., Noakes, T., Lombard, C. A fivefold reduction in the incidence of recurrent ankle sprains in soccer players using the Sport-Stirrup orthosis. *Am J Sports Med* 22(5): 601-6, (1994)
- Thonnard, J., Bragard, D., Willems, P., Plaghki, L. Stability of the braced ankle. A biomechanical investigation. *Am J Sports Med* 24(3): 356-61, (1996)
- Thorndike, A. *Athletic injuries: prevention, diagnosis and treatment.* Philadelphia, Lea and Febiger, (1956)

- Tropp, H., Askling, C., Gillquist, J. Prevention of ankle sprains. *Am J Sports Med* 13(4): 259-62, (1985)
- Tweedy, R., Carson, T., Vicenzino, B. Leuko and Nessa Ankle braces: effectiveness before and after exercise. *Aust J Sci Med Sport* 26(3-4): 62-6, (1994)
- Ubell, M., Boylan, J., Ashton Miller, J., Wojtys, E. The effect of ankle braces on the prevention of dynamic forced ankle inversion. *Am J Sports Med* 31(6): 935-40, (2003)
- Verbrugge, J. The effects of semirigid Air-Stirrup bracing vs. adhesive ankle taping on motor performance. *J Orthop Sports Phys Ther* 23(5): 320-5, (1996)
- Verhagen, E., van der Beek, A., Twisk, J., Bouter, L., Bahr, R., van Mechelen, W. The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: a prospective controlled trial. *Am J Sports Med* 32(6): 1385-93, (2004)
- Verhagen, E., van Mechelen, W., van der Beek, A. The effect of preventive measures on the incidence of ankle sprains. *Clin J Sport Med* 10(4): 291-6, (2000)
- Wedderkopp, N., Kaltoft, M., Holm, R., Froberg, K. Comparison of two intervention programmes in young female players in European handball--with and without ankle disc. *Scand J Med Sci Sports* 13(6): 371-5, (2003)
- Wedderkopp, N., Kaltoft, M., Lundgaard, B., Rosendahl, M., Froberg, K. Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scand J Med Sci Sports* 9(1): 41-7, (1999)
- Yamamoto, T., Kigawa, A., Xu, T. Effectiveness of functional ankle taping for judo athletes: a comparison between judo bandaging and taping. *Br J Sports Med* 27(2): 110-2, (1993)
- You, S., Granata, K., Bunker, L. Effects of circumferential ankle pressure on ankle proprioception, stiffness, and postural stability: a preliminary investigation. *J Orthop Sports Phys Ther* 34(8): 449-60, (2004)

# LEBENS LAUF

<i>Name</i>	Gunda Kreische
<i>geb. am</i>	15. Oktober 1979
<i>in</i>	Erfurt
<i>07/ 1998</i>	Allgemeine Hochschulreife
<i>04/ 1999 – 06/ 2004</i>	Studium der Zahnmedizin an der Bayerischen-Julius Maximilian-Universität Würzburg
<i>12/ 2004</i>	Approbation
<i>seit 09/ 2005</i>	Assistenz Zahnärztin

## **DANKSAGUNG**

Herrn PD Dr. M. Walther möchte ich ganz herzlich für die freundliche Überlassung des Dissertationsthemas und die hervorragende Betreuung und Beratung danken.

Herrn Prof. Dr. med. J. Eulert danke ich für die Übernahme des Koreferates.

Mein weiterer Dank gilt den Kollegen und Freunden, die mir bei der Fertigstellung der Arbeit moralisch und beratend zur Seite standen.

Mein spezieller Dank gilt meiner Mutter für ihre stetige Motivation und finanzielle Unterstützung.