

H. Lohrer<sup>1</sup>, W. Alt<sup>2</sup>, A. Gollhofer<sup>3</sup>, B. Rappe<sup>1</sup>

## Verletzungen am lateralen Kapselbandapparat des Sprunggelenks – eine Übersicht

### *Lateral ankle ligament injuries – a review*

<sup>1</sup> Orthopädische Abteilung im Sportmedizinischen Institut Frankfurt/Main

<sup>2</sup> TÜV Product Service, München

<sup>3</sup> Institut für Sportwissenschaft, Universität Stuttgart

Mit Unterstützung des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (VF4/08/02/94)

#### Zusammenfassung

Präventive und therapeutische Konzepte zur Behandlung des kapselbandverletzten Sprunggelenkes sind bisher nicht klar umrissen und haben sich in den vergangenen Jahrzehnten mehrfach gravierend geändert. Jüngere Veröffentlichungen beschäftigen sich vermehrt mit aktiven funktionellen Stabilisierungsmechanismen, während früher nur der passiven mechanischen Seite Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Eine Reihe von Risikofaktoren, die zu einer Kapselbandverletzung am Sprunggelenk prädisponieren, wurden herausgearbeitet. Dabei fällt offenbar dem subjektiven Instabilitätsgefühl eine wesentliche Bedeutung zu. Mittels neuartiger komplexer Untersuchungsmethoden (Verletzungssimulator) ist es möglich, aktive und passive Reaktionen auf einen definiert eingeleiteten Umknickreiz zu erfassen und zu bewerten. Eine relative neuromuskuläre Aktivierung wird durch Sprunggelenkorthesen und durch ein propriozeptives Training ermöglicht. Als Messwert zur vergleichenden Prüfung dient der propriozeptive Verstärkungsfaktor PAR (= proprioceptive amplification ratio). Insgesamt hat der derzeitige Stand des Wissens die Entwicklung eines Behandlungsalgorithmus ermöglicht, der alle Verletzungsbilder kompetent erfasst. Eine operative Intervention (Naht, Raffung, Periostzügelplastik) ist demnach derzeit nur bei der "second-stage" Verletzung und bei chronischen Instabilitäten zu fordern. Diese zeichnen sich durch eine vorbestehende Instabilitätsneigung aus.

Schlüsselwörter: Sprunggelenk, Instabilität, Behandlung, Übersicht

#### Einleitung

Eine Sprunggelenkverletzung kann erhebliche Konsequenzen für die Leistungsfähigkeit und damit für die sportliche Zukunft eines Athleten in kurz-, mittel- und langfristiger Hinsicht haben. Eine zielgerichtete Diagnostik und eine daraus resultierende adäquate Prävention und/oder Therapie der Kapselbandinstabilität am lateralen Sprunggelenk ist daher für den Sportler entscheidend. Aus epidemiologischen Untersuchungen ist seit langem bekannt, dass als wesentliche Risikofaktoren vorausgegangene Verletzungen des Kapsel-

#### Summary

Preventive therapeutic and rehabilitational concepts for ligamentous ankle injuries have frequently changed in the last decades.

Recent investigations have been related more and more to active mechanisms of functional ankle joint stabilization while previous work concentrated mainly on passive and therefore mechanical aspects.

Some risk factors predisposing for ankle injuries have been evaluated.

In this context subjective feeling of instability, measured by visual analogue scale (VAS) seems to be most important and can be easily assessed.

Recently, a new device for complex and simultaneous investigation of active and passive reactions, following an injury simulation was introduced. Relative neuromuscular stimulation is proven for tape, for special ankle orthoses and for proprioceptive training. A comparative parameter (PAR= proprioceptive amplification ratio) was calculated.

On the basis of current knowledge on ankle sprains a treatment algorithm can be established. Thus, any specific lateral ankle ligament injury should be treated according to a clearly outlined protocol based on scientific standards.

According to this, surgery (direct suture, capsular reefing or periosteal flap stabilization) is demanded only for second stage ruptures and for chronic instabilities, that is for patients who have previously suffered fear of giving way.

Key words: ankle, giving-way, treatment, review

bandapparates des Sprunggelenkes anzusehen sind (19). In der von Tiling (66) analysierten Literatur (24 kontrollierte Studien) wird eine Rate von 0 bis 37% Rezidiven von acht Autoren angegeben. Volkswirtschaftliche Argumente sprechen ebenfalls für eine möglichst effektive Vorgehensweise zur Vorbeugung bzw. zur Behandlung. Nach Zwipp (73) wurden 1985 durch die Berufsgenossenschaften und die Gemeindeunfallversicherungen insgesamt 13554 Patienten, bei denen ein Bänderriss festgestellt wurde, durchschnittlich 12,6 Tage stationär behandelt. Berücksichtigt man zusätzlich noch den Arbeitsausfall während der Nachbehandlung, zei-

gen sich die enormen ökonomischen Auswirkungen der Sprunggelenkverletzungen (58). Die Behandlung von Kapselbandverletzungen am oberen Sprunggelenk ist in den vergangenen zwanzig Jahren Gegenstand kontroverser Diskussionen gewesen. Konkrete therapeutische Standards wurden bisher nur ansatzweise etabliert. Überlegungen zur Prävention dieser, in nahezu allen Sportarten die Verletzungsstatistiken dominierenden Umknickverletzung, beruhen meist weniger auf gesicherten wissenschaftlichen Daten, sondern vielmehr auf subjektiven Erfahrungen der Autoren. Epidemiologische Untersuchungen haben den Beweis erbracht, dass sowohl spezielle Trainingsformen, als auch äußere Stabilisierungshilfen, im Gegensatz zum Kniegelenk, einen relevanten Schutz gegen ein Inversionstrauma bieten können (22, 55, 63, 67). Deshalb werden heute von vielen Sportlern, besonders in Risikosportarten präventiv äußere Stabilisierungshilfen im Training und im Wettkampf eingesetzt.

Das Ziel der vorliegenden Übersichtsarbeit ist es daher, den derzeitigen Stand des Wissens zur Prävention und Therapie der Verletzung des lateralen Kapselbandapparates am Sprunggelenk zusammenfassend darzustellen. Dabei sollen aktuelle Ergebnisse der eigenen Arbeitsgruppe aus dem Auftragsprojekt des Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BiSp) „Präventive Aspekte im Leistungssport am Beispiel des Bewegungsapparates -Sprunggelenk“ besonders gewürdigt werden.

## Grundlagen komplexer-funktioneller Ansätze

Die Analyse der zahlreichen klinischen und biomechanischen Untersuchungen lässt zwei Grundprinzipien der Gelenkstabilisierung erkennen (Abb. 1). Die verschiedenen Stabilisationsmechanismen können sich, entsprechend den jeweiligen aktuellen Anforderungen, gegenseitig ersetzen und ergänzen. Im Rahmen der physiologischen Beweglichkeit der Sprunggelenke spielt die passiv vorgegebene Gelenkkongruenz, besonders am axial belasteten Gelenk, eine wichtige Rolle (25). Die dynamische Führung wird durch Bandsysteme und durch die Gelenkkapsel ermöglicht. Damit sind individuelle anatomische Prädispositionen entscheidend für die Ausprägung des passiven Stabilisationssystems. Die gelenkbewegenden und stabilisierenden Muskel-Sehneneinheiten bilden, zusammen mit ihrer neuronalen Verschaltung, den aktiven Teil der internen Gelenkstabilisation. Durch das agonistisch-antagonistische Zusammenspiel der Muskeln können die Gelenke durch willkürliche Kontraktion oder reflexinduziert gesichert werden. Als Messfühler des aktiv stabilisierenden Systems fungieren Mechanorezeptoren im Gelenk, in Sehnen, Muskeln und in der Haut, deren Aktivität durch zahlreiche äußere und innere Einflüsse moduliert wird (38).

Externe Maßnahmen zur passiven Gelenkstabilisation sind die äußeren Stabilisierungshilfen. Diese werden nach ihren konstruktiven Merkmalen in Bandagen, Tapeverbände, Innenschuhorthesen und in Stabilschuhe eingeteilt. Ihr Nutzen im Rahmen der Prävention und Therapie von Kapsel-

bandverletzungen am Sprunggelenk ist hinreichend belegt (3, 4, 5, 17, 20). Die Relation der konkurrierenden Anforderungen Bewegungslimitierung einerseits und Einschränkung der sportlichen Leistungsfähigkeit andererseits kann zur Beurteilung eines derartigen orthopädischen Hilfsmittels für den präventiven oder therapeutischen Einsatz herangezogen werden.

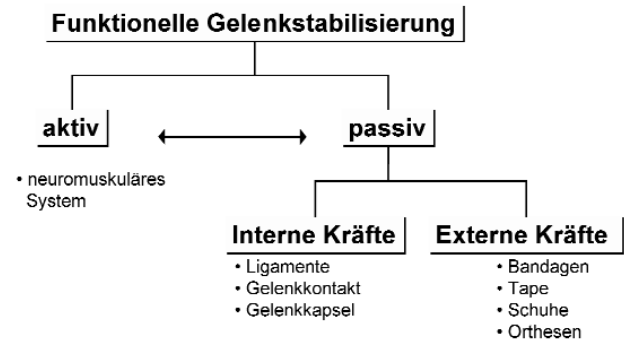


Abbildung 1: Grundsätzliche Einteilung der Komponenten der funktionellen Stabilisierung eines Gelenkes. Die Gewichtung der einzelnen Faktoren ist individuell variabel. Eine gegenseitige Kompensation ist möglich.

In der Vergangenheit haben sich zahlreiche Autoren mit der monokausalen Analyse der externen und internen, aktiven und passiven Mechanismen der Sprunggelenkstabilisierung beschäftigt. Die Veränderungen der Gelenkbeweglichkeit (54), der Bandspannung (6, 12) oder der sportmotorischen Leistungsfähigkeit (11) war dabei jeweils die Zielgröße. Während die bisherige Forschung primär auf die monokausale Analyse dieser Einflussgrößen ausgerichtet war, sind Untersuchungen der komplexen Interaktionen mit gleichzeitiger Bestimmung mechanischer und neurophysiologischer Daten erst in jüngster Zeit möglich geworden (3, 4, 5, 25, 47, 56).

## Risikofaktoren

In der Literatur besteht Einigkeit, dass ein verletzungsbedingter Vorschaden des lateralen Kapselbandapparates der wichtigste Risikofaktor für ein Rezidivtrauma ist (8, 19, 48, 53). *Garrick und Requa* (20) geben für einen vorgeschädigten Kapselbandapparat ein doppelt so hohes Risiko an. *Smith* (59) beobachtete bei 80 % der high-school Basketballer ein Rezidiv nach einem vorausgegangenem Trauma. *Freeman et al.* (18) beschreiben ein subjektives Instabilitätsgefühl der Patienten in Form von Nachgeben des Gelenks unter Belastung als „giving-way“. In der Literatur (18) besteht Einigkeit, dass als Ziel aller präventiven und therapeutischen Maßnahmen die funktionelle Stabilität der Sprunggelenke anzustreben ist. Funktionelle Stabilität ist dann besonders wahrscheinlich, wenn das Sprunggelenk mechanisch stabil ist. Aber auch mechanisch stabile Sprunggelenke können funktionell instabil reagieren (37, 41, 53, 65). Läsionen der Sehne des Musculus peroneus brevis (9, 57) oder Peronealsehnenluxationen können Ursache von funktioneller Instabilität beim mechanisch stabilen oberen Sprunggelenk sein. Das sogenannte anteriore Impingement-Syndrom als Spätfolge eines ungenügend ausgeheilten Traumas wird als mög-

**Tabelle 1: Übersicht der geprüften Parameter und Vergleich zwischen je einer Gruppe von Basketballern mit und ohne relevante Vorschäden am Sprunggelenk. Einziges, statistisch fassbares Unterscheidungsmerkmal ist das subjektive Instabilitätsgefühl, welches sich leicht über eine visuelle Analogskala (VAS) erfassen lässt.**

Parameter	Ergebnis		Anova
	Gruppe 0 (n=59) low risk	Gruppe 1 (n=13) high risk	
<b>Anthropometrie</b>			
• BMI (kg·cm <sup>2</sup> )	324,1	336,3	•n.s.
• Körperhöhe (cm)	191,8	191,8	•n.berechnet
• Körpermasse (kg)	88,6	84,7	•n.berechnet
<b>Klinik</b>			
• femorale Anteversion (18)	26,6 ± 4,4°	26,3 ± 5,0°	n.s.
• tibiale Torsion (6)	6,0 ± 8,5°	4,6 ± 6,6°	n.s.
• malleoläre Detorsion (10)	13,4 ± 4,5°	12,4 ± 4,7°	n.s.
• modif. naviculareindex (2) (%)	18,3 ± 2,7	17,6 ± 1,4	n.s.
• Taluskipfung (7)	0,8 ± 0,8°	0,69 ± 1,0°	n.s.
• Talusvorschub (7) (mm)	0,6 ± 0,8	0,85 ± 1,0	n.s.
• funkt. Instabilität (VAS) (mm)	38,8 ± 21,7	62,6 ± 16,1	*p=0,037
<b>Röntgen</b>			
• Taluskipfung	3,0 ± 3,0°	3,2 ± 4,3°	n.s.
<b>Biomechanik</b>			
• EMG (m.peroneus)			n.s.
• drop jump			n.s.
• Verletzungssimulation	25,8 ± 6,7°	21,7 ± 7,1°	n.s.

licher Faktor eines subjektiven Instabilitätsgefühls beschrieben. Es kann durch wiederholte Mikrotraumatisierung des Knorpels in forciertem Dorsalextension (ossares Impingement) (33, 71) oder durch vernarbte Kapsel-Band-Reste, die in Form eines „Meniscoids“ (61) im Gelenkspalt eingeklemmt werden (synoviales Impingement, Plicasyndrom) (70), entstehen. In diesen Fällen empfindet der Patient lediglich ein umknickartiges Ereignis (pseudo giving-way). Die subjektive Einschätzung des Sportlers gibt den Ausschlag darüber, ob er seinen Fuß als funktionell stabil oder instabil einordnet. *Kaikonen et al.* (35) fanden, dass konstitutionelle Bandlaxität auch bei gesunden Sprunggelenken zu einem Instabilitätsgefühl führen kann.

Zahlreiche Studien beschäftigen sich mit der Rolle der in Haut, Muskel- und Kapselbandapparat lokalisierten Propriozeptoren hinsichtlich der Entstehung einer funktionellen Sprunggelenkinstabilität nach einer Schädigung durch ein Inversionstrauma (18, 21, 26, 34, 37, 41, 44, 67). *Nitz et al.* (50) und *Acus und Flanagan* (2) beschrieben Läsionen peripherer Beinnerven als Folgeschäden eines Sprunggelenktraumas. *Lephart et al.* (42) sprechen in diesem Zusammenhang von einer „partiellen Denervierung.“ *Gollhofer et al.* (26), *Tropp* (67), *Lentell et al.* (41) und zahlreiche andere Autoren (18, 23, 44) wiesen als Folge von Sprunggelenkverletzungen eine Abschwächung der propriozeptiven Reflexe und damit der protektiven Muskelkontraktion vornehmlich der Mm. peronei nach. *Ebig und Lephart* (15) dagegen fanden keine Unterschiede der Latenzzeiten der Peronealmuskulatur bei verletzten und unverletzten Sprunggelenken. Die Autoren sehen keinen Zusammenhang zwischen subjektivem Instabilitätsgefühl und unterschiedlichen Latenzzeiten. *Gollhofer et al.* (25) weisen darauf hin, dass die beschriebenen Modulationen in den Latenzzeiten um wenige Millisekunden unter funktionellen Gesichtspunkten keinen unmittelbaren Nutzen bringen können.

In einer eigenen Studie an 36 Basketballspielern der zweiten Bundesliga mit mindestens einem Umknickergebnis des Sprunggelenkes wurde versucht, Risikofaktoren mit klinischen, anthropometrischen, radiologischen und biomechanischen Messungen zu identifizieren (4, 52). Um ein Maß zur Beschreibung der Vorschädigung des oberen Sprunggelenkes zu erhalten, wurde seitengetreunt ein Verletzungsscore für die Voruntersuchung entwickelt, der sich aus anamnestischen Angaben zur Häufigkeit, zum Schweregrad der Verletzung (0=keine Verletzung bis 3=Mehrbandverletzung) und dem Zeitraum seit der Verletzung (in ganzen bzw. zwölfstel Jahren) ergab. Dieser Score berücksichtigt schwere, erst kürzlich erlittene Verletzungen mehr als leichte und länger zurückliegende. Für die weiteren Be-

rechnungen wurden mit Hilfe dieses Scores die Probanden in zwei Gruppen < 1,5 = niedriges Risiko, >1,5 = hohes Risiko eingeteilt. In der statistischen Analyse dieser retrospektiven Ergebnisse war das subjektive Instabilitätsgefühl der wesentliche Faktor für ein erhöhtes Umknickrisiko (Tab. 1). Anatomische, konstitutionelle, klinische und radiologische sowie biomechanische Messwerte standen nur in unsystematischem Zusammenhang mit dem Umknickrisiko.

In einer nachfolgenden prospektiven Analyse wurden im Rahmen einer achtmonatigen Nachbeobachtung die Parameter aus der Eingangsuntersuchung im Hinblick auf ihren prädiktiven Wert für ein Inversionstrauma am Sprunggelenk evaluiert. Erneut zeigte sich nur für das subjektive Instabilitätsgefühl (visuelle Analogskala) ein relevanter Zusammenhang (p = 0,041). Offenbar ist der Athlet in der Lage, propriozeptiv vermittelte Informationen zur funktionellen Stabilität bzw. Instabilität seiner Sprunggelenke „gefühlsmäßig“ ausreichend genau zu bewerten. Einzelne, objektiv messbare Parameter wie die Torsion oder die mechanische Instabilität des Sprunggelenkes sind unzureichende Prädiktoren für ein erhöhtes Umknickrisiko. Diese Ergebnisse sind im Einklang mit prospektiven Untersuchungen anderer Arbeitsgruppen (68).

## Funktionelle Diagnostik – Verletzungssimulator

Eine funktionelle Diagnostik, die sich wesentlich nur auf die mechanische Gelenkstabilität stützt, erscheint nur bedingt sinnvoll. Der Ansatz der eigenen Arbeitsgruppe war deshalb, die komplexen Aspekte einer funktionellen Sprunggelenkstabilisation zu erforschen. Dazu wurde eine Umknickplattform entwickelt, die möglichst realistisch die Vorgänge bei einer Verletzung simulieren soll. Mit Hilfe kontrolliert induzierter

Inversionsbewegungen ist es dabei möglich, die reflektorischen neuromuskulären Parameter zusammen mit den mechanischen Vorgängen am Sprunggelenk zu untersuchen (5, 47). Unter funktionellen Aspekten ist dabei vor allem die Möglichkeit wichtig, im aufrechten Stand, also am axial mit etwa 90 % des Körpergewichtes belasteten Sprunggelenk, den Testreiz einzuleiten. Unter EMG Kontrolle wird aus dem entspannten Stand heraus der kombinierte mechanische Stimulus, von 30° Inversion und 15° Plantarflexion standardisiert appliziert. Rotatorische Bewegungen im Sprunggelenk werden mit biaxial messenden Elektrogoniometern (Penny & Giles®) deren Schenkel im Verlauf der Achillessehne und längs über dem dorsalen Calcaneus angebracht werden, kontinuierlich erfasst. Mittels bipolarer Oberflächen-EMG-Elektroden werden Signale des m. tibialis ant., m. peroneus lat., m. gastrocnemius med. und m. vastus med. registriert.

Standardisiert werden fünf Messungen für jede Untersuchungsbedingung aufsummiert und arithmetisch gemittelt. Neben der maximalen invertorischen Amplitude und der Umknickgeschwindigkeit werden EMG-Latenz und das integrierte Reflex-EMG berechnet. So kann ein Parameter errechnet werden, der die Größe der elektromyographischen Antwort auf die korrespondierende Umknickamplitude (PAR = Proprioceptive Amplification Ratio) bezieht (3, 4, 5). Die PAR wurde errechnet, indem die Gesamtaktivität der Sprunggelenkmuskeln aufsummiert, gemittelt und ins Verhältnis zu den jeweils erreichten maximalen Inversionswinkeln im Rahmen der Umknicksimulation gesetzt wurde.

Nach Tapeapplikation fand sich für diesen Faktor ein signifikanter Anstieg von 0,145 mV/Grad auf 0,24 mV/Grad. Diese Zunahme ist als propriozeptiver Effekt des Tapeverbandes interpretierbar. Nach 20-minütiger Belastung reduzierte sich der Wert auf 0,175 mV/Grad, was durch die sportinduzierte Ermüdung einerseits und die mechanische Lockerung des Tapeverbandes andererseits verursacht sein dürfte. Nach 24-stündiger Pause war ein Anstieg auf 0,20 mV/Grad zu verzeichnen, was durch die neuromuskuläre Regeneration und Restabilisierung des Tapes erklärbar ist. Das Ausgangsniveau wurde vermutlich deshalb nicht erreicht, weil der Verband etwas lockerer als unmittelbar nach Tapeapplikation sitzt und weil so der propriozeptive Input kleiner ist. Anschließend, unmittelbar nach Tapeabnahme, wurde der Ausgangswert (0,145 mV/Grad) exakt wieder gemessen, was als Hinweis auf eine hohe Reliabilität des Faktors gewertet werden muss.

## Aktive Prävention

Koordinatives-propriozeptives Training stellt in der Rekonvaleszenz von Sprunggelenkverletzungen eine heute durchgängig empfohlene Methode dar (18, 73). Epidemiologisch konnte dadurch eine signifikante Reduktion des Rezidivrisikos nachgewiesen werden (16, 22). Der Einsatz entsprechender krankengymnastischer Übungen begründet sich dabei nach wie vor auf klinischer Erfahrung (31, 32).

Um einen Hinweis auf die differenziellen Effekte eines propriozeptiv-koordinativen und eines selektiven Krafttrain-

ings zu erhalten, wurden in einem vierwöchigen, kontrollierten Trainingsexperiment mit vierzig unverletzten Probanden drei Testgruppen (Kippbrett, Krafttraining Pronatoren, Kombination) mit einer nicht trainierenden Kontrollgruppe verglichen. Insgesamt konnte durch alle drei Trainingsformen eine Steigerung der isometrischen Maximalkraft der Pronatoren erreicht werden. Die Kippbrettchen-gruppe konnte die Kraft am schnellsten entwickeln, d. h. der Anstieg der Kraftkurve (Explosivkraft) war am steilsten. Eine Veränderung der Latenzzeiten der Reflex-EMG, die Gleitz (22) nach koordinativem Training am vorgeschädigten Sprunggelenk fand, konnte bei diesen gesunden Probanden nicht nachgewiesen werden.

## Passive Prävention – Orthesen

Zur Behandlung, Nachbehandlung und Vorbeugung des Inversionstraumas sind seit der Einführung des adipromed®-Stabilischuhes 1981 (60) im deutschen Sprachraum und der Aircast®-Orthese (62) in den USA 1980 eine Vielzahl äußerer Stabilisierungsmittel zur Stabilisierung des Sprunggelenkes.

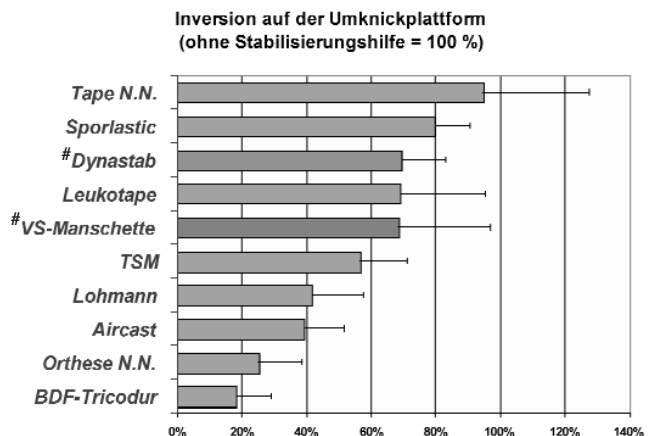


Abbildung 2: Vergleich der mechanischen Stabilisierungseffekte verschiedener orthopädischer Hilfsmittel zur Stabilisierung des Sprunggelenkes. Die Prüfung erfolgte mit dem Verletzungssimulator. Die Daten sind aus mehreren Untersuchungen der eigenen Arbeitsgruppe zusammengestellt. Die markierten Orthesen (#) wurden an instabilen Probanden getestet.

rer Stabilisierungshilfen entwickelt worden. In den vergangenen Jahren wurden im Rahmen der Prüfung auf dem Umknicksimulator für zahlreiche äußere Stabilisierungshilfen des Sprunggelenks vor allem mechanische Kennwerte ermittelt, die eine Zuordnung zur therapeutisch-rehabilitativen Indikation (hohes mechanisches Stabilisierungspotential bei geringer Bewegungsfreigabe) oder zur Prävention (niedrigeres mechanisches Stabilisierungspotential bei hoher Bewegungsfreigabe) erlauben (Abb. 2). In nahezu allen Fällen unterstellen die Hersteller ihren Stabilisierungshilfen neben einer mechanischen Stabilisierungsfunktion eine propriozeptiv-neuromuskuläre Wirkung. Ausreichende wissenschaftliche Daten, die die Wirksamkeit dieser Produkte belegen, liegen nur in wenigen Fällen vor (10, 30, 43, 69).

Entscheidend ist, dass eine enge Wechselwirkung zwischen der mechanischen (externen) Wirkung und der internen Gelenkstabilisierung durch die aktive neuromuskuläre



Gelenkstabilisierung besteht. Die Ergebnisse bisheriger Tests (3, 4) lassen den Schluss zu, dass eine Stabilisierungshilfe einerseits direkt, andererseits aber auch indirekt auf das neuromuskuläre System Einfluss nehmen kann.

Indirekt bewirken Orthesen eine verringerte Inversionsbewegung und damit eine Verlängerung der Zeit für die aktiven reflexinduzierten Stabilisierungsmechanismen. Berechnet man den mittleren Anstieg des Inversionswinkels innerhalb der ersten 40 Millisekunden auf dem Umknicksimulator und unterstellt einen weiterhin linearen Verlauf des Winkelsignals unter den Bedingungen eines realen Umknicktraumas, so lässt sich durch Extrapolieren der Trendkurve der Zeitpunkt bestimmen, bei dem nach eingeleiteter Umknickbewegung theoretisch ein kritischer Inversionswinkel von 40° erreicht würde (25). Ohne Stabilisierungshilfe und ohne die mechanische Arretierung des Verletzungssimulators ist unter diesen Prämissen der kritische Inversionswinkel bereits nach ca. 120 Millisekunden erreicht. Unterstellt man die beobachteten Reflexlatenzen von ca. 65 ms und berücksichtigt man noch zusätzlich die Zeiten für die elektromechanische Kopplung (EMD), so sind die ersten propriozeptiv generierten Muskelkräfte für eine aktive Stabilisierung erst nach ca. 100 ms zu erwarten. Durch die Stabilisierungshilfen wird die Umknickbewegung verzögert, so dass dem Muskel eine Chance gegeben wird, rechtzeitig zu agieren. Unter Berücksichtigung der Latenzzeiten und der Zeiten für die elektromechanische Kopplung ist deshalb davon auszugehen, dass die stabilisierenden Muskelkräfte in diesem Fall noch rechtzeitig ein mögliches Trauma wirksam verhindern können.

Dies ist zweifellos ein positiver Effekt für alle Einsatzbereiche mit primär bewegungslimitierender Funktion, wie beispielsweise die postoperative oder posttraumatische funktionelle Therapie lateraler Kapselbandrupturen. Allerdings stellt sich für den präventiven Einsatz auch die Frage nach der „Sporttauglichkeit“. In der Literatur wurde der Aspekt der Leistungseinschränkung im Sport durch externe Stabilisierungshilfen umfassend diskutiert. Obwohl hierzu durchaus unterschiedliche Positionen vertreten werden, kann davon ausgegangen werden, dass weder Tapeverbände noch Orthesen eine signifikante Beeinträchtigung der sportmotorischen Leistungsfähigkeit bewirken. (1, 29, 5 1).

Eine direkte Beeinflussung des neuromuskulären Systems durch die verschiedenen Versuchsbedingungen kann mit Hilfe der Quantifizierung elektromyografischer Aktivitäten während der Verletzungssimulation beurteilt werden. Die Reflexlatenz wird durch die verwendete Stabilisierungshilfe nicht beeinflusst (3). Vom physiologischen Standpunkt aus betrachtet ist eine in der Literatur immer wieder beobachtete Verlängerung der Latenzzeiten durch Stabilisierungshilfen (37) in der Größenordnung von 5 - 10 ms nur sekundär von Bedeutung. Eine Veränderung der Latenzzeiten wäre vor allem auf Veränderungen in den schnellen reflektorischen Rückkopplungswegen zurückzuführen. Derartige Veränderungen sind aber in der Grundlagenforschung bislang nicht beschrieben worden (25).

In Situationen, in denen große Bewegungsamplituden am Gelenk appliziert werden, ist es primär zwar auch wichtig, einen schnellen efferenten Zugriff auf die gelenkstabilisierende Muskulatur zu haben. Von entscheidender Bedeutung scheint vielmehr eine schnelle reflektorische Aktivierung der peronealen Muskulatur zu sein, um dem Trauma aktiv mechanisch gegenzusteuern. Unter diesen Gesichtspunkten kommt der integrierten EMG-Aktivität der reflektorischen Antwort eine entscheidende Bedeutung zu. Die Frage nach einer möglichen propriozeptiven Wirkung durch äußere Stabilisierungshilfen am Sprunggelenk war bislang nur indirekt mit Winkelreproduktionstests in wenigen Fällen untersucht worden (34). Die gewonnenen Ergebnisse waren bei Einsatz verschiedener Testverfahren häufig nicht widerspruchsfrei.

Die Größe der reflektorischen muskulären Antwort ist von der Geschwindigkeit des auslösenden Reizes direkt abhängig (24, 27). Die Analyse der Winkel- und EMG Zeitverläufe mit und ohne äußere Stabilisierungshilfen auf dem Verletzungssimulator zeigt diese erwartete Proportionalität jedoch nicht. Die muskuläre Antwort ist absolut gesehen zwar reduziert, erreicht aber nicht das der auslösenden Bewegungsgeschwindigkeit entsprechende Ausmaß. Nach der Einführung

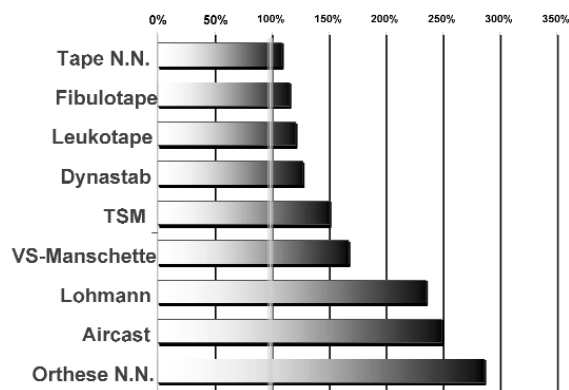


Abbildung 3: Vergleich der funktionellen Stabilisierungseffekte (PAR), gemessen an einem EMG-Index, für verschiedene orthopädische Hilfsmittel zur Stabilisierung des Sprunggelenkes. Die Prüfung erfolgte mit dem Verletzungssimulator. Die Daten sind aus mehreren Untersuchungen der eigenen Arbeitsgruppe zusammengestellt.

der „proprioceptive amplification ratio“ (4), die diese Zusammenhänge berücksichtigt, steht jetzt eine Kenngröße zur Verfügung, die bei Stabilisierungshilfen mit ähnlicher mechanischer Wirksamkeit die relative neuromuskuläre Stimulation beurteilbar macht. Dieser Parameter reagiert sehr sensitiv, wenn sich zum Beispiel durch die Applikation von Tapeverbänden oder Orthesen (Abb. 3), die mechanische Situation in Relation zur propriozeptiven Kontrolle ändert.

## Behandlungsstrategie

Nachdem viele Jahre die Therapie der Kapselbandinstabilitäten der Sprunggelenke uneinheitlich durchgeführt wurde, zeichnet sich jetzt eine eindeutige Zuordnung pathologischer Sprunggelenksbefunde zu entsprechenden Behandlungs-

## Talusvorschub

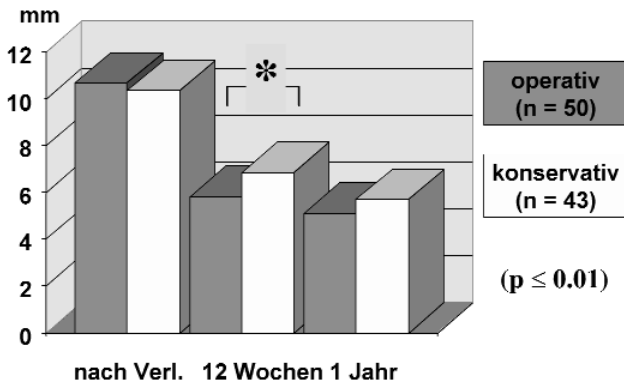


Abbildung 4: Vergleich operativer und konservativer Behandlung der frischen, erstmaligen lateralen Kapselbandruptur am oberen Sprunggelenk beim Leistungssportler, gemessen am Talusvorschub. Die Nachbehandlung erfolgte in beiden Gruppen funktionell mittels äußerer Stabilisierungshilfe.

richtlinien ab. Diese lassen sich aus zahlreichen, wissenschaftlich kontrollierten Studien ableiten. Grundsätzlich sollte heute die Therapie der Kapselbandverletzung, unabhängig vom Schweregrad der Verletzung (Zerrung oder Riss) und unabhängig von einer möglicherweise vorausgegangenen operativen Intervention funktionell sein (28, 36, 39, 46, 73). Eine Indikation zur Gipsimmobilisation gibt es allenfalls noch in den ersten Tagen nach einer operativen Maßnahme zur Sicherung der initialen Wundheilung. Neben der erhöhten Thromboemboliegefahr sind die Nachteile der immobilisierenden und die Vorteile der funktionellen Therapie an Kapselbandsystemen und Gelenken hinreichend untersucht (26, 72).

Zunächst ist anamnestisch zu klären, ob es sich um eine akute, frische Verletzung, oder um eine chronische ligamentäre Insuffizienz handelt. Zeigt die klinische Stabilitätsprüfung (Talusvorschub und Taluskipfung) nach einem akuten Supinationstrauma (45) ein stabiles Kapselbandsystem, so liegt eine Kapselbandzerrung vor, die mittels kurzzeitiger (ca. zwei Wochen) Applikation orthetischer Hilfsmittel oder Tapebandagierung ausreichend versorgt ist. Beim frisch verletzten, instabilen Sprunggelenk ist zu prüfen (Anamnese), ob es sich um eine erstmalig aufgetretene Verletzung handelt, oder, ob in der Vergangenheit bereits relevante Inversionstraumata stattgefunden haben. Das erstmalig verletzte, instabile Sprunggelenk ist sechs Wochen konservativ-funktionell mit einer Innenschuhorthese oder mit dem Stabilschuh zu behandeln (73).

Diese Aussage hat nach einer eigenen, ebenfalls prospektiven und randomisierten Studie (28) auch für den Leistungssportler Gültigkeit (Abb. 4). Die mechanischen und funktionellen Parameter, die bisher meist über spezifische Scores abgeschätzt wurden, unterscheiden sich auch nach Ablauf eines Jahres im statistischen Vergleich nicht. Wegen der tendenziell stabileren mechanischen Situation kann aber individuell, besonders in Risikosportarten eine Kapselbandnaht nach wie vor erwogen werden.

Bei der instabilen Wiederholungsverletzung muss unterschieden werden, ob eine Reruptur oder eine sogenannte „se-

cond stage“ Ruptur vorliegt (64). Während die „second stage“ Ruptur auf der Basis eines nicht suffizient ausgeheilten Vorschadens entsteht, lag vor einer Reruptur eine völlig stabile Situation vor, d. h. der vorausgegangene Schaden war per restitutio ad integrum ausgeheilt. Diese Verletzung ist wie ein frisches Ersttrauma funktionell-konservativ zu behandeln“ während die second stage Verletzung einer operativen Behandlung zugeführt werden sollte (64). Die Differenzierung dieser beiden Verletzungsvarianten ist möglich. Wenn der Patient anamnestisch angibt, vor der Verletzung sich völlig stabil gefühlt zu haben (52), handelt es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um eine Reruptur, die meist auch mehr frische Verletzungszeichen (Hämatom, Schwellung) aufweist als eine second stage Ruptur.

Chronische Kapselbandinsuffizienzen zeichnen sich durch ein Unsicherheitsgefühl im Alltag und im Sport aus. Anlass der Diagnostik ist meist nicht ein aktuelles Umknickereignis. In diesen Fällen muss zunächst versucht werden, durch krankengymnastische präventive Maßnahmen im Rahmen der sogenannten Fuß-/Beinachsenstabilisation die aktive Sprunggelenkstabilisation (Abb. 5) zu optimieren (31, 32). Vor allem für sportliche Aktivitäten ist darüber hinaus die Verwendung einer funktionellen präventiven Orthese oder eines Tapeverbandes zu empfehlen. Führen diese Maßnahmen zu einer funktionellen Stabilität im Sprunggelenk, so ist kein weiterer Handlungsbedarf gegeben. Das funktionelle Beinachsenstabilisierungsprogramm sollte in den täglichen Ablauf integriert werden.

Fühlt sich der Patient trotz orthetischer und krankengymnastischer Maßnahmen nicht sicher, so muss eine operative Stabilisierung empfohlen werden. In diesem Falle ist eine anatomische Rekonstruktion des Kapselbandapparates anzustreben. Besonders im Sport haben sich Tenodesoperationen nicht bewährt (7, 13, 49). Neben der mechanischen Schwächung der Pronatoren, die partiell oder total als Bandersatz benutzt werden, ist wegen der nicht anatomischen Rekonstruktion entweder eine Rezidivinstabilität, oder eine Bewegungseinschränkung zu erwarten. Diese Nachteile sind durch die Kapselbandraffung (11) und durch die Periostzügelplastik (40, 49) zu umgehen. Grundsätzlich ist zu empfehlen, bei operativen Versorgungen den am wenigsten traumatisierenden Eingriff zu wählen. Intraoperativ muss deshalb zunächst die Qualität der Kapsel-



Abbildung 5: Propriozeptives Training zur funktionell internen Stabilisierung der Sprunggelenke auf dem Kippbrettchen. Für den Trainingseffekt wichtig ist nicht die Amplitude, sondern die Geschwindigkeit der Kippbewegung. Damit kann auch in der Therapie bereits früh und sicher (minimale Inversion der Sprunggelenke durch kleinen Radius der Rolle) trainiert werden.

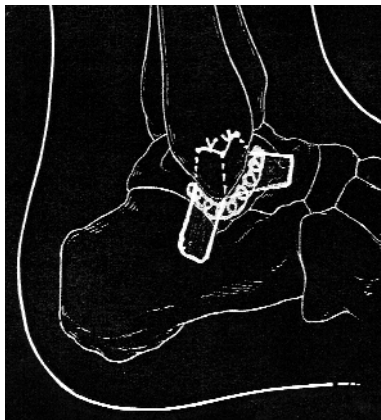


Abbildung 6 a: Schematische Darstellung der Operationstechnik zur Kapselbandraffung. Zwei U-Nähte werden durch die Narben der Reste des LFTA und des LFC gelegt. Die Kapselnaht erfolgt fortlaufend überwindlich.

bandnarbe evaluiert werden. Bei gutem Material sollte eine Kapselbandraffung erfolgen (Abb. 6 a). Bei insuffizienter Narbe ist eine Periostzügelplastik zu empfehlen (Abb. 6 b). Histologische Hinweise für eine Ligamentisation nach Periostzügelplastik haben *Nachtkamp et al.* (49) gefunden. Erste Ergebnisse der Nachuntersuchung

auf dem Verletzungssimulator zeigen postoperativ seitengleiche neuromuskuläre Konstellationen. Zur Diagnostik ist das Röntgenbild im wesentlichen hinsichtlich des Ausschlusses knöcherner (Begleit)verletzungen notwendig. Übersichtsaufnahmen in zwei Ebenen sind dafür ausreichend. Gehaltene Aufnahmen sind der klinischen Instabilitätsdiagnostik unterlegen und sind daher bei frischen Erstverletzungen grundsätzlich nicht not-

wendig, da ihr Ergebnis keinerlei Auswirkung auf die bereits vorher feststehende konservative Therapie hat.

Die primär funktionelle Behandlung oder die Nachbehandlung eines operierten Sprunggelenkes sind, auch bezüglich des Zeitablaufes, im wesentlichen identisch. Eine physiotherapeutische Behandlung über etwa 4–6 Wochen etwa dreimal wöchentlich

scheint die funktionellen Behandlungsergebnisse besonders in den ersten Monaten zu verbessern (28). Dies ist vor allem im Leistungssport von Bedeutung. Spätestens 1–2 Tage nach dem Trauma oder nach einer Operation sollte die konsequente funktionell orthetische Schienung einsetzen.

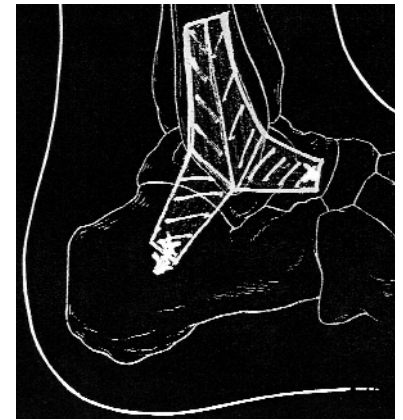


Abbildung 6 b: Schematische Darstellung der Operationstechnik zur Periostzügelplastik. Der distal gestielte fibuläre Perioststreifen wird im Verlauf des LFTA und des LFC eingebracht und mit einem Knochenmarker distal fixiert.

## Literatur

1. *Abdenour T.E., Saville W.A., White R.C., Abdenour M.A.*: The effect of ankle taping under torque and range of motion. *Athletic Training* 14 (1979) 227–228
2. *Acus R.W., Flanagan J.P.*: Perineural fibrosis of superficial peroneal nerve complicating ankle sprain. A case report. *Foot & Ankle* 11 (1991) 233–235
3. *Alt W., Gollhofer A., Lohrer H.*: Propriozeptive Wirkung bei Sprunggelenk-Stabilisierungshilfen. *Orthopädieschuhtechnik* 2 (1999) 30–36
4. *Alt W., Lohrer H., Gollhofer A.*: Tape wirkt doch!? Propriozeptive und mechanische Untersuchungen zur Wirksamkeit stabilisierender Tapeverbände am Sprunggelenk. *Sportorthop. Sporttraumat.* 14 (1998) 75–85
5. *Alt W., Lohrer H., Gollhofer A.*: Functional properties of adhesive ankle taping: neuromuscular and mechanical effects before and after exercise. *Foot & Ankle Intern.* 20 (1999) 238–245
6. *Bahr R., Pena F., Shine J., Lew W.D., Engebretsen L.*: Ligament force and joint motion in the intact ankle: a cadaveric study. *Knee Surg., Sports Traumatol.* 6 (1998) 115–121
7. *Bahr R., Pena F., Shine J., Lew W.D.*: Biomechanics of ankle ligament reconstruction. *Am. J. Sports Med.* 26 (1997) 424–432
8. *Baumhauer J.F., Alosa D.M., Renström P.A., Trevino S., Beynon B.*: Test-retest reliability of ankle injury risk factors. *Am J Sport Med* 23 (1995) 5711–574
9. *Bonnin M., Tavernier T., Bouysset M.*: Split lesions of the peroneus brevis tendon in chronic ankle laxity. *Am J Sports Med* 25 (1997) 699–703
10. *Bunch R.P., Bednarski K., Holland D., Maeinanti R.*: Ankle joint support: A comparison of reusable lace-on braces with taping and wrapping. *The Physician and Sportsmedicine* 13 (1985) 59–62
11. *Burks R.T., Bean B.G., Marcus R., Barker H.B.*: Analysis of athletic performance with prophylactic ankle devices. *Am. J. Sports Med.* 19 (1991) 104–106
12. *Cawley P.W., France E.P.*: Biomechanics of the lateral ligaments of the ankle: An evaluation of the effects of axial load and single plane motions on strain. *Foot & Ankle* 12 (1991) 92–99
13. *Czaja S., Müller W.*: Die anatomische Rekonstruktion des fibulotarsalen Bandkomplexes bei chronischer Bandinstabilität am Sprunggelenk. *Operative Orthopädie und Traumatologie* 10 (1998) 253–264
14. *Diekstatt P., Schulze W., Noack W.*: Der Immobilisationsschaden. *Sportverl Sportschad* 9 (1995) 35–43
15. *Ebig M., Lephart S.M., Burdett R.G., Miller M.C., Pincivero D.M.*: The effect of sudden inversion stress on EMG activity of the peroneal and tibialis anterior muscles in the chronically unstable ankle. *J Orthop Sports Phys Ther* 26 (1997) 73–77
16. *Ekstrand J., Giliquist J.*: The avoidability of soccer injuries. *Int. J. Sports Med.* 4 (1983) 124–128
17. *Fire, P.*: Effectiveness of taping for the prevention of ankle ligament sprains. *Br. J. Sports Med.* 24 (1990) 47–50
18. *Freeman M.A., Dean M.R., Hanham W.F.*: The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J.B.J.S. (Br.)* 47B (1965) 678–685
19. *Garrick J.G.*: The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains. *Am. J. Sports Med.* 5 (1977) 241–242
20. *Garrick J.G., Requa R.K.*: Role of external support in the prevention of ankle sprains. *Med. Sci. Sports Exerc.* 5 (1973) 200–203
21. *Gauffin H., Tropp H., Odenrick P.*: Effect of ankle disk training on postural control in patients with functional instability of the ankle joint. *Int J Sports Med* 9 (1988) 141–144
22. *Gleitz M., Rupp S., Hess T., Hopf T.*: Einfluss des Reflextrainings auf die Stabilisierung chronisch instabiler Sprunggelenke. *Orthop. Praxis* 30 (1992) 498–501
23. *Glick J.M., Gordon R.B., Nishimoto D.*: The prevention and treatment of ankle injuries. *Am J Sports Med* 4 (1976) 136–141
24. *Gollhofer A.*: Komponenten der Schnellkraftleistungen im Dehnungs- und Verkürzungszyklus. Erlensee: SFT-Verlag, 1987
25. *Gollhofer A., Alt W., Lohrer H.*: Prevention of excessive forces with braces and orthotics. In: Nigg, B.M., McIntoch B.R., Mester J. (Hrsg.), *Handbook of Sports Science*. Champaign, IL, Human Kinetics, 2000
26. *Gollhofer A., Scheuffelen C., Lohrer H.*: Neuromuskuläre Stabilisation im oberen Sprunggelenk nach Immobilisation. *Sportverl. Sportschad.* 7 (1993) Sonderheft 1, 23–28
27. *Gollhofer A., Strass D., Kyroelainen H., Dietzl V., Trippel M.*: Neuromuscular control mechanisms as a function of variable load conditions. *Int. J. Sports Med.* 12 (1991) 92–98



28. *Grasmück J., Lohrer H., Alt W.*: Behandlung und Nachbehandlung der Kapselbandverletzungen am lateralen oberen Sprunggelenk. Sportorthop. Sporttraumat. 12 (1996) 110-115
29. *Greene T.A., Hillman S.K.*: Comparison of support provided by a semirigid orthosis and adhesive ankle taping before, during, and after exercise. Am. J. Sports Med. 18 (1990) 498-506
30. *Gross M.T., Bradshaw M.K., Ventry L.C., Weller K.H.*: Comparison of support provided by ankle taping and semirigid orthosis. J. Orthop. Sports Phys. Ther. 9 (1987) 33-39
31. *Heuchemer K., Neumann, C. Schröder M.*: Möglichst schnell wieder auf die Beine. Orthopädieschuhtechnik, Sonderheft Sport (1999) 68-71
32. *Heuchemer K.*: Training der Sinne. Orthopädieschuhtechnik 2/99 (1999) 39-40.
33. *Imhof A.B.*: Impingementsyndrom des oberen Sprunggelenks beim Sportler. Sportorthop Sporttraumat. 13 (1997) 57-61
34. *Jerosch J., Bischof M.*: Der Einfluss der Propriozeptivität auf die funktionelle Stabilität des oberen Sprunggelenks unter besonderer Berücksichtigung von Stabilisierungshilfen. Sportverl Sportschad 8 (1994) 111-121
35. *Kaikonen A., Hyppänen E., Kannu, P., Järvinen M.*: Long-term functional outcome after primary repair of the lateral ligaments of the ankle. Am J Sports Med 25 (1997) 150-155
36. *Kannus P., Renström P.*: Treatment for acute tears of the lateral ligaments of the ankle. JBJS 73-A (1991) 305-312
37. *Konradsen L., Bohsen R.J., Ravn J.B.*: Prolonged reaction time in ankle instability. Int J Sports Med 12 (1991) 290-292
38. *Konradsen L., Ravn J.B., Sorensen A.*: Proprioception at the ankle: The effect of anaesthetic blockade of ligament receptors. J. Bone Joint Surg. Br. 75-B (1993) 433-436
39. *Korkala O., Rusanen M., Jokipii P., Kytömaa J., Avikainen V.*: A prospective study of the treatment of severe tears of the lateral ligament of the ankle. Int.Orthop. 11 (1987)13-17
40. *Kuner E.H.*: Der gestielte Periostzügel als Möglichkeit des Außenbandersatzes. Hefte Unfallheilkunde 133 (1978) 191
41. *Lentell G., Baas B., Lopez D., Me Gulre L., Sarrels M., Snyder P.*: The contribution of proprioceptive deficits, muscle function, and anatomic laxity to functional instability of the ankle. J Orthop Sports Phys Ther 21 (1995) 206-215
42. *Lephart S.M., Pincivero D.M., Giraldo J.L., Fu F.H.*: The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. Am J Sports Med 25 (1997) 130-137
43. *Löfvenberg R., Kärrholm J.*: The influence of an ankle orthosis on the talar and calcaneal motions in chronic lateral instability of the ankle. Am. J. Sports Med. 21 (1993) 224-230
44. *Löfvenberg R., Kärrholm J., Sundelin G., Ahlgren O.*: Prolonged reaction time in patients with chronic lateral instability of the ankle. Am J Sports Med 23 (1995) 414-417
45. *Lohrer H.*: Kapselbandverletzungen am oberen Sprunggelenk. Therapiewoche 39 (1989)196-203
46. *Lohrer H.*: Mittelfristige Ergebnisse operativ versorgter lateraler Kapselbandrupturen am oberen Sprunggelenk - ein Vergleich immobilisierender und funktioneller Nachbehandlung. Orthop. Praxis 26 (1990) 675-679
47. *Lohrer H., Alt W., Gollhofer A.*: Neuromuscular properties and functional aspects of adhesive ankle taping. Am. J. Sports Med. 27 (1999) 69-75
48. *Milgrom C., Shlamkovitch N., Finestone A., Eldad A., Laor Y.L.*: Risk factors for lateral ankle sprain. A prospective study among military recruits. Foot & Ankle Int 12 (1991) 26-30
49. *Nachtkamp J., Klosterhalfen B., Pott S., Magin M.N., Paar O.*: Die Ligamentisierung als Erklärung für die Stabilität der Periostlappenplastik beim Ersatz des fibularen Bandapparates. Chirurg 68 (1997) 1146-1149
50. *Nitz A.J., Dobner J.J., Kersey D.*: Nerve injury and grade II and III ankle sprains. Am J Sports Med 13 (1985) 177-182
51. *Pienkowski D., McMorrow M., Shapiro R., Caborn D.N., Stayto J.*: The effect of ankle stabilizers on athletic performance. Am. J. Sports Med. 23 (1995) 757-762
52. *Rappe B., Lohrer H., Alt W.*: Was kann zu einem lateralen Kapselbandtrauma im Basketball führen? Orthopädieschuhtechnik, Sonderheft Sportversorgung (1999) 72-74
53. *Renström P., Theiss M.*: Biomechanik der Verletzung der Sprunggelenkbänder. Sportverl Sportschad 7 (1997) 29-35
54. *Roth A.J., Anders J., Venbrocks R.*: Diagnostische Bedeutung der Sprunggelenkbeweglichkeit im Sport. Orthopäd Prax 30 (1994) 457-460
55. *Rovere G.D., Clarke T.J., Yates C.S., Burley K.*: Retrospective comparison of taping and ankle stabilizers in preventing ankle injuries. Am. J. Sports Med. 16 (1988) 3, 228-233
56. *Scheuffelen C., Rapp W., Gollhofer A., Lohrer H.*: Orthotic devices in functional treatment of ankle sprain - stabilizing effects during real movements. Int. J. Sports Med. 14 (1993) 1-9
57. *Schmidt A., Rütts J.*: Die Bedeutung der Peronealsehnscheide bei der Stabilität des lateralen Kapsel-Band-Apparates am oberen Sprunggelenk. Orthop Prax (1992) 495-497
58. *Sommer H.M., Schreiber H.*: Die frühfunktionelle konservative Therapie der frischen fibularen Kapselbandruptur aus sozial-ökonomischer Sicht. Sportverl. Sportschad. 7 (1993) 40-46
59. *Smith R.W., Reischl S.F.*: Treatment of ankle sprains in young athletes. Am. J. Sports Med. 14 (1986) 465-471
60. *Spring R., Hardegger F.*: Die frische Ruptur der fibulotalaren Bänder. Operative Therapie und gipsfreie Nachbehandlung mit Spezialschuh. Helv. Chir. Act 48 (1981) 709-712
61. *Stone J.W., Guhl J.F.*: Meniscoidlesions of the ankle. Clin Sports Med 10 (1991) 661-676
62. *Stover C.N.*: Air stirrup management of ankle injuries in the athlete. Am. J. Sports Med. 8 (1980) 360-365
63. *Surve I., Schwellnus M.P., Noakes T., Lombard C.*: A fivefold reduction in the incidence of recurrent ankle sprains in soccer players using the sportstirrup orthosis. Am. J. Sports Med. 22 (1994) 601-606
64. *Thermann H., Knop C., Zwipp H.*: Eine prospektiv-randomisierte Studie zur Behandlung der wiederholten Bandruptur. In: Alt, W., Lohrer H., Gollhofer, A. (Hrsg.): Der Fuß im Sport 1997 (Kongressband).
65. *Thermansen N.B., Hansen H., Damholt V.*: Radiological and muscular status following injury to the lateral ligaments of the ankle. Acta Orthop Scand 50 (1997) 705-708
66. *Tiling Th., Bonk A., Höher J., Klein J.*: Die akute Außenbandverletzung des Sprunggelenks beim Sportler. Chirurg 65 (1994) 920-933
67. *Tropp H.*: Pronator muscle weakness in functional instability of the ankle joint. Int J Sports Med 7 (1986) 291-294
68. *Twellar M., Verstappen F.T.J., Huson A., van Mechelen W.*: Physical characteristics as risk factors for sports injuries: A four year prospective study. Int J Sports Med 18 (1997) 66-71
69. *Vaes P., De Boeck H., Handelberg F., Opdecam P.*: Comparative radiologic study of the influence of ankle joint bandages on ankle stability. Am. J. Sports Med.13 (1985) 46-49
70. *Van Dijk C.N., Boussuyt P.M., Marti RX.*: Medial ankle pain after lateral ligament rupture. JBJS (Br.) 78 (1996) 562-567
71. *Van Dijk N.C., Johannes L., Verheyen C.P.*: A prospective study of prognostic factors concerning the outcome of arthroscopic surgery for anterior ankle impingement. Am J Sports Med 25 (1997) 737-745
72. *Woo S.L.-Y.*: Die Heilung des medialen Seitenbandes. Sportverl. Sportschad. 7 (1993) Sonderheft 1, 3-16
73. *Zwipp H., Tscherne H., Hoffmann R., Thermann H.*: Riss der Knöchelbänder: Operative oder konservative Behandlung. Deutsches Ärzteblatt 85 (1988) 2019-2022

**Anschrift für die Autoren:**

**Dr. med. Heinz Lohrer**

**Sportmedizinisches Institut Frankfurt am Main e.V.**

**Otto-Fleck-Schneise 10**

**60528 Frankfurt/Main**