

**Aus der Medizinischen Universitätsklinik und Poliklinik
(Department) Tübingen**

Abteilung Innere Medizin V Sportmedizin

Ärztlicher Direktor: Professor Dr. A. Nieß

**Untersuchung zur quantitativen Differenzierung
plantarer Druckverteilungsmuster zwischen Patienten
mit Achillessehnentendinitis und gesunden Probanden
anhand der plantaren Druckverteilungsmessung
sowie zur Wirksamkeit orthopädischer Einlagen bei
Patienten mit Achillessehnentendinitis**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Stefanie Grözinger**

**aus
Reutlingen**

2009

Dekan:

Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter:

Professor Dr. T. Horstmann

2. Berichterstatter:

Privatdozent Dr. T. Niemeyer

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Problemstellung und Begründung der Arbeit	3
1.1.1	Ganganalyse und Plantare Druckmessung	3
1.1.2	Einlagentherapie bei Überlastungserkrankungen der unteren Extremität.....	6
1.1.3	Achillessehnentendinitis.....	11
1.1.4	Gesundheitsbezogene Lebensqualität	14
1.2	Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	15
2	Studienablauf und Methoden	17
2.1	Plantare Druckverteilung	17
2.1.1	Untersuchungstichprobe	17
2.1.2	Methode	18
2.1.3	Datenanalyse	19
2.1.4	Beschreibung der Messgrößen	20
2.2	Untersuchung zur Wirksamkeit der Einlagen	22
2.2.1	Untersuchungstichprobe	22
2.2.2	Studienablauf	23
2.2.3	Untersuchungszeitraum	25
2.2.4	Methode	26
2.3	Statistische Auswertung	29
2.3.1	Statistische Auswertung der plantaren Druckverteilungsmessung.....	29
2.3.2	Statistische Auswertung des SF-36	30
3	Ergebnisse	32
3.1	Ergebnisse plantare Druckverteilung	32
3.1.1	M4 FTI.....	35
3.1.2	M4 relative Contact Area.....	35
3.1.3	FTI medial	36
3.1.4	FTI Mittelfuß (MF)	37

3.1.5	FTI Vorfuß (FF)	37
3.1.6	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	38
3.2	Ergebnisse Wirksamkeit der Einlagen	39
3.2.1	Skalenwerte an Messtag 1 und 2 (M1 und M2).....	39
3.2.2	Veränderung des Medians von M1 nach M2.....	40
3.2.3	Z-Werte	41
3.2.4	Effektgröße ε	43
3.2.5	Körperliche Funktionsfähigkeit (KÖFU).....	44
3.2.6	Schmerz (SCHM)	44
3.2.7	Begleittherapie	45
3.2.8	Tragehäufigkeit	46
3.2.9	Die Einlagen der Probanden	46
3.2.10	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	47
4	Diskussion	49
4.1	Diskussion plantare Druckverteilung.....	49
4.1.1	Testgütekriterien (plantare Druckverteilung)	49
4.1.2	Diskussion der Ergebnisse (plantare Druckverteilung).....	50
4.2	Diskussion Wirksamkeit der Einlagen	60
4.2.1	Methodenkritik SF-36	60
4.2.2	Diskussion der Ergebnisse (Wirksamkeit der Einlagen).....	61
5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	68
6	Abkürzungen und Glossar	70
7	Abbildungen und Tabellen	72
8	Literaturverzeichnis	73
9	Anhang.....	85

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Begründung der Arbeit

1.1.1 Ganganalyse und Plantare Druckmessung

Die Analyse des menschlichen Ganges ist ein zentrales Thema in der klinischen biomechanischen Forschung. Die subjektive Beobachtung durch den Arzt ist bis heute die am weitesten verbreitete Methode in der klinischen Routine. Die Probleme dieser Methode liegen auf der Hand: sie hängt zum einen stark von der Kompetenz des Beobachters ab, zum anderen kann sie bis auf wenige Ausnahmen nur qualitative Befunde liefern (HEGEWALD, 2000). Das Bestreben, ein objektives und reproduzierbares Verfahren zur klinischen Analyse des menschlichen Ganges zu entwickeln, ist seit Jahren Gegenstand der Forschung. Eine umfassende Ganganalyse erfordert heute die Kombination kinematischer und kinetischer Messverfahren, eventuell erweitert durch eine elektromyographische Bestimmung von Muskelaktivitäten. Im klinischen Alltag sind derart aufwendige Messungen jedoch nicht praktikabel, weshalb der Auswahl des richtigen Messverfahrens zur gegebenen Fragestellung eine zentrale Bedeutung zukommt.

Kinematische Messverfahren sind meist mit großem apparativem und zeitlichem Aufwand verbunden (so z. B. die 2D-/3D-Videoanalyse mit Hautmarkern, Messungen mit Beschleunigungssensoren oder Messungen mit Neigungssensoren) und können deshalb im klinischen Alltag nicht routinemäßig eingesetzt werden. Weiter haben Studien gezeigt, dass die häufig angewandte 2D-Videoanalyse hinsichtlich der Reproduzierbarkeit problematisch ist. Es wurden zwei Hauptfehlerquellen ausgemacht: methodisch-instrumentelle Fehler (z. B. Projektionsfehler, Ungenauigkeit beim Anbringen von Markern oder Sensoren) sowie Haut- und Schuhartefakte (GRAU et al., 2000).

Kinetische Messverfahren, v.a. Kraft- und Druckmessungen (Barfuß- und In-Schuh-Messsysteme), haben in den letzten Jahren einen wichtigen Stellenwert in der biomechanischen und klinischen Forschung eingenommen (GRAF, 1993; MILANI und KIMMESKAMP, 2000). Dafür ist maßgeblich die Entwicklung elektronischer Verfahren zur Druckverteilungsmessung verantwortlich.

Sensoren, die in einer Messplatte oder Einlegesohlen untergebracht sind, messen Druckverläufe während des Abrollvorgangs in Abhängigkeit von der Zeit. Elektronische Verfahren zur Druckverteilungsmessung sind objektiv und reproduzierbar und zeigen insgesamt eine gute Reliabilität (HUGHES et al., 1991; KERNOZEK et al., 1996; VAN DER LEEDEN et al. 2004; MURPHY, 2005; MAIWALD et al., 2008).

Klinische Anwendung findet die plantare Druckverteilungsmessung heute in der Diagnostik von Überlastungserkrankungen der unteren Extremität, Fußdeformitäten, diabetischem Fußsyndrom, rheumatoider Arthritis sowie neurologischen Erkrankungen (HODGE et al., 1999; FEMERY et al., 2002 ; PAYNE et al., 2002 ; WALDECKER, 2002; BUS et al., 2004; BURNS et al., 2005; PATAKY et al., 2005; CARL et al., 2006 ; GIACOMOZZI und MARTELLI, 2006; MIZELLE et al, 2006 ; HASTINGS et al., 2007). Ein weiteres Anwendungsgebiet stellt die Erfolgskontrolle der Therapie mit orthopädischen Einlagen sowie die Erfolgskontrolle nach chirurgischen Interventionen an der unteren Extremität dar (HADFIELD et al., 2003; GULDEMOND et al., 2006; JANNINK et al., 2006; MITTERNACHT und LAMPE 2006; HAHN et al., 2007; HENNESSY et al., 2007). In einigen der genannten Bereiche, insbesondere beim diabetischen Fußsyndrom, ist der Nutzen der plantaren Druckverteilungsmessung in Diagnostik und Therapie wenig umstritten (WROBEL et al; 2003; GIACOMOZZI und MARTELLI, 2006; WU et al., 2007). Auch in der klinischen Forschung und Diagnostik von Überlastungserkrankungen der unteren Extremität wird die Methode häufig angewendet (MAYER et al., 2001; BAUR et al., 2004; GRAU et al., 2004; WILLEMS et al, 2006; WILLEMS et al., 2007). Von großem Interesse ist das Potenzial der Methode zur Beantwortung von Fragen hinsichtlich der Ätiopathogenese. In aktuellen Studien wird eine Medialisierung des Abrollvorganges immer wieder auf eine vermehrte Pronation zurückgeführt (NAWATA et al., 2005; WILLEMS et al. 2006; DeCOCK et al., 2007; WILLEMS et al., 2007). MAIWALD et al. (2007) zeigen anhand einer Clusteranalyse jedoch, dass sich Gruppen mit medialisierten bzw. lateralisierten Abrollvorgängen hinsichtlich der Kinematik in der Frontalebene deutlich weniger

unterscheiden, als Gruppen, die sich in der Vorfuß- bzw. Rückfußlastverteilung unterscheiden. Untersuchungen, die sich gezielt mit der Frage beschäftigen, ob sich eine Überpronation in einer systematischen Änderung der plantaren Druckverteilung ausdrückt, existieren bislang nicht.

Die Methode selbst ist immer noch Gegenstand intensiver biomechanischer Forschung. So werden bis heute Studien zur Überprüfung der Testgütekriterien durchgeführt. Zwar kann zusammenfassend gesagt werden, dass für die am häufigsten angewandten Messgrößen wie Maximalkraft- und Druckwerte, Kraft- und Druck-Zeit-Integrale oder Kontaktzeiten eine gute bis sehr gute Reproduzierbarkeit nachgewiesen werden konnte (ROSENBAUM et al., 2004; VAN DER LEEDEN et al., 2004; GURNEY et al., 2007; MAIWALD et al., 2008). Doch legen andere Studien nahe, dass eine häufig angewandte Größe wie der Verlauf des Druckschwerpunktes (engl. Center of Pressure, COP) diesbezüglich mit Vorsicht interpretiert werden sollte (McPOIL et al., 1997). Bis heute herrscht in der Literatur kein Konsens darüber, welche Messgrößen bevorzugt Anwendung finden sollten. Zudem werden unter Berücksichtigung der Fragestellung von den Forschungsgruppen laufend neue Messgrößen entwickelt bzw. aus bestehenden Größen errechnet. Weiter werden in einer Vielzahl an Studien Einflussfaktoren auf die plantare Druckverteilung untersucht. Dies geschieht vor dem Hintergrund der in zahlreichen Studien festgestellten großen interindividuellen Variabilität in nahezu allen betrachteten Messgrößen (SNYERS et al., 1995; MORAG und CAVANAGH, 1999; NAWATA et al., 2005; MENZ und MORRIS, 2006; DiLIBERTO et al., 2007). Auch werden Versuche unternommen, mit großen Studienpopulationen Referenzdatenbanken zu erstellen, die eine Einordnung von klinisch erhobenen Messdaten ermöglichen sollen (DeCOCK et al., 2006; BOSCH et al., 2007). Neuere Studien befassen sich zudem mit der Frage, wie einzelne Messgrößen interpretiert werden sollen und welche praktischen Schlüsse aus den Messergebnissen gezogen werden dürfen (HAYES und SEITZ, 2006; DECOCK et al., 2007).

In der sportmedizinischen Abteilung der Universität Tübingen wird die plantare Druckmessung klinisch im Rahmen orthopädischer Ganganalysen angewendet.

Das Patientenkollektiv umfasst dabei alle oben genannten Anwendungsgebiete. Häufig leitet sich aus der Ganganalyse die Indikation zur Therapie mit orthopädischen Einlagen ab, wobei die plantare Druckverteilung eine wesentliche Informationsquelle zur Auswahl der individuell geeigneten Funktionselemente einer Einlage darstellt (GRAU et al., 2004).

1.1.2 Einlagentherapie bei Überlastungserkrankungen der unteren Extremität

In der Therapie von Überlastungserkrankungen der unteren Extremität haben orthopädische Einlagen einen herausragenden Stellenwert eingenommen und sind Gegenstand intensiver Forschung geworden.

Es besteht weitgehende Übereinstimmung darin, dass orthopädische Einlagen in der Behandlung von Überlastungserkrankungen der unteren Extremität wirksam sind. Die Erfolgshäufigkeiten einer Behandlung mit Einlagen werden in der Literatur zwischen 70 und 90 Prozent angegeben (NIGG et al, 1999; BRÜGGEMANN, 2004). Diese Einschätzung lässt sich anhand der Zahlen großer Studien aus den letzten drei Jahrzehnten bestätigen (JAMES et al., 1978; D'AMBROSIA, 1985; DONATELLI et al., 1988; GROSS et al., 1991; SAXENA und HADDAD, 2003; FINESTONE et al., 2004). Bei näherer Betrachtung wird jedoch klar, dass die angegebenen Erfolgsquoten kritisch hinterfragt werden müssen. Hauptkritikpunkte sind die retrospektiven Studienansätze (mit Ausnahme von FINESTONE et al. 2004), das Fehlen einer Kontrollgruppe sowie eine unzureichende Beschreibung der Methodik (hier insbesondere die fehlende oder unzureichende Charakterisierung der verwendeten Einlagen und die fehlende Charakterisierung des Erfolgsmessinstruments). Weiter ist zu bemängeln, dass mögliche Begleittherapeutika (Antiphlogistika, Analgetika, Physiotherapie, Änderungen von Trainingsgewohnheiten) sowie die Behandlungsdauer nicht erfasst werden oder die Behandlungsdauer innerhalb einer Untersuchung uneinheitlich ist. Berücksichtigt werden muss zudem, dass in den angegebenen Studien unter dem Begriff Überlastungserkrankungen eine Vielzahl von verschiedenen Erkrankungen der unteren Extremität zusammen gefasst werden (Shin splints,

Metatarsalgie, Senkfuß, Plantarfasziitis, Patellaspitzenyndrom, iliotibiales Bandsyndrom, Achillessehnenentendinitis und -ansatzentendinitis, allgemeine Knie- und Sprunggelenksschmerzen) und somit wenig über den Erfolg der Therapie in einer speziellen Erkrankung gesagt werden kann. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass kontrollierte wissenschaftliche Nachweise für die Wirksamkeit einer Therapie mit orthopädischen Einlagen im Bereich der Überlastungserkrankungen nur unzureichend vorliegen (LANDORF and KEENAN, 2000; PRATT, 2000; RAZEGHI und BATT, 2000; BRÜGGEMANN, 2004). Eine Ausnahme stellt eine neuere Studie von LANDORF et al. (2006) zur Wirksamkeit einer Einlagentherapie bei Plantarfasziitis dar. Hier wurden in einer prospektiven Studie 136 Patienten in Gruppen mit den Konditionen „Placebo“ „vorgefertigte Einlage“ und „individuell angepasste Einlage“ eingeteilt, die Wirksamkeit wurde nach drei und zwölf Monaten mit Hilfe der Bereiche „Funktion“ und „Schmerz“ des Foot Health Status Questionnaire (FHSQ) überprüft. Im Bereich „Funktion“ ließ sich nach drei Monaten eine signifikante Verbesserung für vorgefertigte und individuell angepasste Einlagen im Vergleich zur Placebogruppe zeigen, innerhalb der Einlagengruppen gab es keine Unterschiede. Im Bereich Schmerz lagen die beiden Einlagengruppen nach drei Monaten zwar etwas über der Placebogruppe, das Ergebnis war jedoch nicht statistisch signifikant. Auch hier waren keine Unterschiede zwischen den vorgefertigten und individuell angepassten Einlagen zu verzeichnen. Am zweiten Messzeitpunkt nach zwölf Monaten konnte zwischen den beiden Einlagengruppen und der Placebogruppe weder im Bereich Funktion noch im Bereich Schmerz ein Unterschied festgestellt werden. Für alle drei Gruppen war nach zwölf Monaten jedoch eine Verbesserung im Vergleich zur Ausgangsmessung bzw. Messung nach 3 Monaten zu verzeichnen.

Die Ergebnisse dieser kontrollierten prospektiven Studie werfen Fragen hinsichtlich der Wirkungsweise orthopädischer Einlagen auf. Auch hier herrscht eine kontroverse Diskussion in der Literatur. Die funktionellen Aspekte, die orthopädischen Einlagen zugeordnet werden, lassen sich in drei Gruppen einteilen: Ausrichtung des Skeletts und Korrektur von Achsfehlstellungen, Dämpfung der Aufprallkräfte und somit geringere Belastung des

muskuloskelettalen Systems sowie Verbesserung der sensorischen Rückkopplung und des Komforts (vergl. LANDORF und KEENAN, 2000; NIGG, 2001; MÜNDERMANN et al, 2003a; BRÜGGEMANN, 2004). Die Überlastungserkrankungen der unteren Extremität werden traditionell mit einer fehlerhaften Ausrichtung des muskuloskelettalen Systems in Verbindung gebracht. Hier werden am häufigsten Überpronation, Varus- oder Valgusstellung des Rückfußes und große Rotationsbewegungen der Tibia genannt (JAMES et al., 1978; CLEMENT et al., 1984; CLARKE et al., 1984; COWAN et al., 1996; MCCLAY und MANAL, 1998; GEYER, 2005; WILLEMS et al., 2006). Da orthopädische Einlagen in der Therapie von Überlastungserkrankungen in vielen Fällen erfolgreich angewandt werden, wird angenommen, dass sie auf die beschriebenen Fehlstellungen positiv Einfluss nehmen können. Studien zur biomechanischen Wirkung von Einlagen bleiben den systematischen Nachweis jedoch schuldig (NIGG et al., 1998; STACOFF et al., 2000; BUTLER et al., 2003; NESTER et al. 2003; BRANTHWAITE et al., 2004; FERBER et al. 2004). Einzig MÜNDERMANN et al. (2003a) gelingt es, bei Überpronierern systematische Effekte von formschlüssigen, medial gestützten und kombinierten Einlagen auf biomechanische Abläufe zu zeigen. Sie beschreiben eine signifikante Reduktion der maximalen Eversion sowie der maximalen Eversionsgeschwindigkeit und eine Reduktion des maximalen Inversionsmoments durch eine medial stützende Einlage. Bei Schaleneinlagen zeigte sich eine Reduktion der Aufprallkräfte, bei kombinierten Einlagen überwogen die genannten Effekte der medialen Stütze. In der abschließenden Diskussion verweisen die Autoren darauf, dass ihre Ergebnisse bezüglich klinischer Anwendung zurückhaltend bewertet werden müssen bis anhand epidemiologischer Studien geklärt ist, ob unter Berücksichtigung der Pathogenese von Überlastungserkrankungen eine Reduktion der Impactkräfte oder eine Verminderung der Pronationsbewegung indiziert ist. Es kann also festgehalten werden, dass es Hinweise dafür gibt, dass orthopädische Einlagen die Biomechanik der unteren Extremität beeinflussen. Doch ist der Einfluss von Einlagen auf die Ausrichtung des Skeletts bzw. auf Bewegungsabläufe bislang unzureichend verstanden. Die gezeigten Effekte scheinen klein, unsystematisch

und in hohem Maß spezifisch für einzelne Probanden zu sein. Zudem steht der wissenschaftliche Nachweis, dass die Beeinflussung der Ausrichtung des Skeletts in der Therapie von Überlastungserkrankungen anzustreben ist, weiterhin aus. Dies dürfte im mangelnden Verständnis der Pathophysiologie von Überlastungserkrankungen begründet sein (MURPHY et al., 2002; MÜNDERMANN et al., 2003a; BAUR et al., 2004).

Wie eingangs erläutert, werden orthopädischen Einlagen weitere funktionelle Aspekte zugeordnet: die Reduktion der Impactkräfte (Dämpfung) sowie ein Einfluss auf die Muskelaktivität und das Komfortgefühl über propriozeptive Rückkopplung. NIGG (2001) definiert die Impactkraft als initialen passiven Kraftstoß. Mit Kraftmessplatten kann man die vertikale (F_z), die anterior-posteriore (F_y) und die medio-laterale (F_x) Komponente dieser Impactkraft messen. Lange Zeit wurden hohe Impactkräfte als mögliche Ursachen für Überlastungsverletzungen angenommen. Studien aus den letzten Jahren haben jedoch gezeigt, dass diese Annahme revidiert werden muss. NOVACEK (1998) arbeitet in seinem Übersichtsartikel über die Biomechanik des Laufens heraus, dass für Überlastungserkrankungen hohe Kräfte in der Aufliege- (mid stance) und Abstoßphase (late stance) von Bedeutung sind. Eine Studie von BUTLER et al. (2003) zeigt jedoch, dass die von ihnen verwendeten Schaleneinlagen keinen Einfluss auf die vertikale Impactkraft haben. MÜNDERMANN et al. (2003a) dagegen können bei Schaleneinlagen einen systematischen Effekt auf die Reduktion der vertikalen Komponente der Impactkräfte finden. Die Dämpfungseigenschaften bleiben folglich weiter umstritten, zudem ist die Rolle der Impactkräfte in der Entstehung von Überlastungserkrankungen nicht abschließend geklärt (NOVACEK, 1998; MÜNDERMANN et al., 2001; MÜNDERMANN et al., 2003a; NIGG, 2003). Eine Analyse der Studien der vorangegangenen Jahre veranlasst NIGG (2001), ein neues Paradigma über die Rolle von Impactkräften bei der Entwicklung akuter oder chronischer Läuferverletzungen zu formulieren. In seinen Augen gibt es keinen Hinweis dafür, dass Impactkräfte wichtige Faktoren in der Pathogenese von Überlastungserkrankungen sind, sondern viel mehr Input-Signale darstellen, die gewährleisten, dass kurz vor dem Aufsetzen des Fußes ein ausreichender

Muskeltonus erzeugt wird. Er ist weiter der Ansicht, dass es zu einer definierten Bewegungsvorgabe einen bevorzugten Bewegungsablauf im Körper gibt, der mit der geringst möglichen Muskelarbeit verbunden ist und aus diesem Grunde mit einem maximal hohen Komfortgefühl einhergeht. Wenn nun eine Maßnahme diesem bevorzugten Ablauf entgegenwirke, müsse es zu einer erhöhten Muskelaktivität und dadurch zu einem verminderten Komfortgefühl kommen. Für Einlagen folgert er daher, dass sie im Optimalfall die Muskelaktivität in der unteren Extremität reduzieren und dadurch eine geringere Ermüdung der Muskulatur bewirken. In den vergangenen Jahren legten MÜNDERMANN et al. (2001, 2002, 2003b, 2004) eine Reihe von Studien vor, die den Aspekt Komfort untersuchen. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammen fassen: Das Gefühl eines hohen Tragekomforts ist individuell, verschiedene Probanden empfinden unterschiedliche Einlagen als komfortabel. Generell wird das Tragen von Einlagen (Schaleneinlagen, medial gestützte Einlagen oder die Kombination aus beidem) als komfortabler empfunden als die Kontrollkondition (keine Einlage). Die Variable Komfort steht mit Änderungen von Kinematik, Kinetik und Muskelaktivität des Fußes und Unterschenkels in Verbindung, die Effekte bleiben über Tage hinweg konstant, sind jedoch insgesamt als unsystematisch zu bewerten. Der Komfort wird von den Autoren anhand von visuellen Analogskalen (VAS) gemessen. Die Reliabilität der Methode ist insofern zu hinterfragen, da sie laut den Ergebnissen von MÜNDERMANN et al. (2001) an sehr spezifische Untersuchungsbedingungen gebunden ist. Dennoch legt die aktuelle Datenlage in der Literatur nahe, dass die Variable Komfort für die Wirkungsweise von Einlagen von Bedeutung ist. Ob die subjektive Einschätzung einer Einlage als „komfortabel“ - wie von NIGG (1999) postuliert - tatsächlich durch eine Reduktion der Muskelaktivität zustande kommt, die aus der Wiederherstellung der optimalen Bahn für eine Bewegung resultiert, ist noch offen. Auch muss bedacht werden, dass die Arbeiten von MÜNDERMANN et al. einen präventiven Ansatz verfolgen und keine Informationen zur therapeutischen Anwendung von Einlagen beinhalten. Abschließend lässt sich feststellen, dass die Wirkungsweise orthopädischer Einlagen bislang nicht ausreichend verstanden ist. Um die Frage der

Wirksamkeit von Einlagen hinsichtlich der Prävention oder Therapie von Überlastungserkrankungen zu klären, bedarf es weiterer kontrollierter prospektiver Untersuchungen. Diese sollten vor dem Hintergrund der Studie von LANDORF et al. (2006) auch den Langzeitverlauf verfolgen.

1.1.3 Achillessehnentendinitis

Chronische Achillessehnenbeschwerden (syn. Achillodynie) sind ein häufiges Krankheitsbild in der Sportmedizin und gehören zu den Überlastungserkrankungen der unteren Extremität (MAYER et al., 2001; GRAU et al. 2004; GEYER, 2005; PETERSEN et al., 2007). Unter chronischen Achillessehnenbeschwerden werden die nicht-insertionale Tendinitis sowie verschiedene Erkrankungen, die Schmerzen im knöchernen Ansatzbereich der Achillessehne verursachen (insertionale Tendinitis, Bursitis subachillea und retroachillea, Haglund-Exostose) zusammengefasst (MAYER et al., 2001; GEYER, 2005). In der vorliegenden Studie werden Patienten mit nicht-insertionaler Tendinitis betrachtet. Der folgende Abschnitt soll einen Überblick über dieses Krankheitsbild geben.

Betroffen sind vorwiegend Ausdauersportler mittleren Alters, doch werden auch Fälle von Patienten ohne sportlichen Hintergrund beschrieben. In mehreren neueren Artikeln wird darauf hingewiesen, dass die Inzidenz bei Männern höher ist als bei Frauen (GEYER, 2005; ALFREDSON und COOK, 2007; PETERSEN et al., 2007). Die Achillessehnentendinitis geht einher mit Ruheschmerzen und/oder bewegungsabhängigen Schmerzen sowie Schwellung im Bereich der Achillessehne (meist 2-6cm oberhalb des knöchernen Ansatzes). Weiter berichten die Patienten über ein Steifheitsgefühl im Bereich der Achillessehne und Krepitationen bei Bewegung der Sehne. Ursächlich wird allgemein zwischen extrinsischen und intrinsischen Faktoren unterschieden. Als extrinsische Faktoren werden ungeeignete Schuhe, ungeeigneter Trainingsuntergrund sowie Veränderungen der Trainingshäufigkeit und Trainingsintensität betrachtet. Unter intrinsischen Faktoren werden Fitnesszustand, vorausgegangene Erkrankungen, Trainingszustand der Muskulatur (insbesondere Peroneal- und Tibialismuskulatur), instabile

Sprunggelenksbänder, Fußfehlstellungen und Veränderungen im Abrollvorgang zusammengefasst (CLEMENT et al., 1984; BRUCKNER, 2000; TAUNTON et al., 2002; MURPHY et al., 2003; GEYER, 2005; WILLEMS et al., 2006; WILLEMS et al., 2007). In der Literatur wird jedoch stets betont, dass die Ätiopathogenese der Achillessehnentendinitis wie von Überlastungserkrankungen der unteren Extremität allgemein nur unzureichend verstanden ist (ALMEKINDERS und TEMPLE, 1998; TAUNTON et al., 2002; ALFREDSON und COOK, 2007). Histopathologisch werden vermehrte oder verminderte Durchblutung der Sehne, eine Verminderung der Zellzahl, Kollagenschäden z.T. mit Nekrosen und Kalzifizierungen sowie Neovaskularisationen beschrieben. Dagegen konnten bislang keine Entzündungszellen gefunden werden und es gibt keinen Hinweis, dass es sich bei diesem Krankheitsbild um eine prostaglandinvermittelte Entzündung handelt. Nachgewiesen werden konnten dagegen Substanz P sowie Calcitonin, was für eine neurogene Entzündung spricht. (GEYER, 2005; ALFREDSON und COOK, 2007). Die Diagnose der Achillessehnentendinitis wird primär klinisch gestellt. Leitsymptome sind Druckschmerzen 2-6cm oberhalb des knöchernen Ansatzes (eventuell verbunden mit Schwellung, Rötung und Überwärmung) oder Schmerzen im genannten Bereich bei Belastung der Achillessehne. Sonografisch können sich ein vergrößerter Durchmesser der Sehne im Vergleich zur Gegenseite, lokale Veränderungen der Echogenität sowie ein paratendinöser Flüssigkeitssaum zeigen. Ein Kernspintomogramm kann bezüglich des Ausmaßes und der Ausbreitung der Entzündung weiterhelfen (GEYER, 2005; ALFREDSON und COOK, 2007; PETERSEN et al., 2007). Differentialdiagnostisch sollte immer eine akute Ruptur oder Teilruptur der Achillessehne ausgeschlossen werden, zudem muss die nicht-insertionale Tendinitis sicher von den Erkrankungen im Bereich des knöchernen Ansatzes unterschieden werden (RÖSSLER und HÜTHER, 2000). Bezüglich der Therapie der Achillessehnentendinitis wird im Allgemeinen primär ein konservatives Vorgehen empfohlen. Therapieempfehlungen umfassen schuhorthopädische Anfertigungen (Einlagen, Fersenkappen), physikalische Therapie (Ultraschall, Wärmeanwendung), physio- und trainingstherapeutische

Maßnahmen (exzentrisches Krafttraining, Dehnübungen), Antiphlogistika (NSAR, Kortikosteroide) sowie Kombinationen aus den genannten Therapieansätzen (ALMEKINDERS und TEMPLE, 1998; RÖSSLER und HÜTHER, 2000; ALFREDSON und COOK, 2007). Erst bei ausbleibendem Erfolg konservativer Therapieansätze wird eine operative Therapie empfohlen. Die Bandbreite der chirurgischen Intervention reicht hier von perkutaner Tenotomie bis zur offenen Achillessehnenrevision mit Resektion fokaler Läsionen in der Sehne und dem Peritendineum (PAAVOLA et al., 2002; GEYER, 2005; ALFREDSON und COOK, 2007). Einer früheren Studie von PAAVOLA et al. (2000) zufolge müssen 25 Prozent der Patienten mit chronischen Achillessehnenbeschwerden einer chirurgischen Intervention zugeführt werden. In ihrer Längsschnittstudie (2002) an Patienten, die sich einer operativen Therapie unterzogen haben, geben die Autoren die Erfolgsquote bezogen auf alle Interventionen mit 67 Prozent an.

Bislang existieren keine Studien, die explizit die Wirksamkeit von orthopädischen Einlagen bei einer Achillessehnentendinitis untersuchen. Jedoch dürfte das Krankheitsbild in einigen Studien, die den Effekt von Einlagen bei Erkrankungen der unteren Extremität untersuchen, in der Studienpopulation vertreten sein. Lediglich bei GROSS et al. (1991) finden sich jedoch exakte Angaben über die Zusammensetzung des Patientenkollektivs: 18,5% der 374 untersuchten Läufer mit Beschwerden der unteren Extremität leiden an einer Achillessehnentendinitis. Die Studie kann jedoch keine exakte Information bezüglich der Wirksamkeit von Einlagen bei Achillessehnentendinitis liefern, da das Studienprotokoll keine Auskunft über den verwendeten Fragebogen, die verwendeten Einlagen sowie die Therapiedauer liefert. Andere Autoren wie FINESTONE et al. (2004) oder BAUR et al. (2004) machen keine Angaben zur Zusammensetzung der Studienpopulation, die unter „Beschwerden an der unteren Extremität“ zusammengefasst ist, so dass auch hier keine Rückschlüsse für die Achillessehnentendinitis möglich sind.

Mit Ausnahme eine Studie von PETERSEN et al. (2007), in der die Autoren anhand des SF-36-Fragebogens nachweisen, dass das sog. AirHeel Brace

(Firma Aircast) in der Therapie der Achillessehnentendinitis ebenso effektiv ist wie exzentrisches Krafttraining, gibt es keine randomisierten prospektiven Untersuchungen, die verschiedene konservative Therapieansätze untereinander oder konservative versus operative Therapie miteinander vergleichen (ALFREDSON und COOK, 2007).

1.1.4 Gesundheitsbezogene Lebensqualität

Die Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität hat in der medizinischen Forschung in jüngster Zeit zunehmend an Bedeutung gewonnen und ist seit etwa 30 Jahren als eigenständige Kategorie im Index Medicus vertreten (WOOD-DAUPHINE, 1999). Dies hängt einerseits mit einer veränderten Definition der Gesundheit zusammen, die lange Zeit schlicht als Abwesenheit von Krankheit angesehen wurde. 1946 ersetzte die WHO diese Definition jedoch durch die Einheit aus physischem, psychischem und sozialem Wohlbefinden, was den wesentlichen Säulen des Konstruktes „gesundheitsbezogene Lebensqualität“ entspricht (RADOSCHEWSKI, 2000). Andererseits ist die gesundheitsbezogene Lebensqualität im Zuge der zunehmenden Ökonomisierung der Medizin ein zentraler Aspekt der Evaluation und Outcomeforschung geworden (RADOSCHEWSKI, 2000). Das Konzept der gesundheitsbezogenen Lebensqualität bietet die Möglichkeit, eine Bewertung des Gesundheitszustandes oder Therapieerfolges über die rein somatische Ebene hinaus vorzunehmen und ist in der Lage, dem hohen Maß an Subjektivität Rechnung zu tragen. Vor diesem Hintergrund ist die Konstruktion geeigneter Messinstrumente sowie deren Validierung eine zentrale Aufgabe im Bereich der Lebensqualitätsforschung. Seit Mitte der 90er Jahre werden Messinstrumente in der anwendungsorientierten Forschung verwendet (BULLINGER, 1997). Es sollte bei Messungen jedoch immer bedacht werden, dass es sich bei dem Konzept der gesundheitsbezogenen Lebensqualität um ein mehrdimensionales Konstrukt und keine Messgröße in naturwissenschaftlichem Sinn handelt.

Das in Deutschland am häufigsten eingesetzte Messinstrument ist der „Fragebogen zum allgemeinen Gesundheitszustand – SF-36“ (GARRATT et al.,

2002). Der Fragebogen SF-36 wurde im Rahmen der Medical Outcome Study entwickelt, die in den 80er Jahren in den Vereinigten Staaten an einem großen Patientenkollektiv durchgeführt wurde. Die endgültige Version des SF-36 wird 1990 verabschiedet, die Übersetzung ins Deutsche erfolgt im Rahmen des International Quality of Life Assessment Projektes (IQOLA), das 1991 mit dem Ziel begonnen wird, einen validierten Fragebogen in vielen Sprachen zur Verfügung zu stellen, um so eine internationale Vergleichbarkeit zu ermöglichen (BULLINGER et al., 1998).

Im Bereich der klinischen Forschung zu Überlastungserkrankungen der unteren Extremität existieren nur wenige Studien, in denen ein Instrument zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität angewandt wird. Im angloamerikanischen Sprachraum werden hier Funktionsindices wie der Foot Health Status Questionnaire (FHSQ) oder der Foot Function Index (FFI) bevorzugt. Für beide Messinstrumente liegt jedoch keine offizielle deutsche Übersetzung vor.

1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Untersuchung will sich mit Fragen von klinischer Relevanz im Bereich der Überlastungserkrankungen der unteren Extremität befassen. Exemplarisch wird die Achillessehnentenditis ausgewählt, ein - speziell unter Läufern - häufiges Krankheitsbild im Rahmen der Überlastungserkrankungen (GRAU et al. 2004; GEYER, 2005; PETERSEN et al., 2007). Auch in der institutseigenen sportmedizinischen Ambulanz werden Patienten mit Achillessehnentendinitis regelmäßig gesehen und behandelt. Zur diagnostischen Abklärung des Krankheitsbildes wird in der Abteilung Sportmedizin der Universität Tübingen im Rahmen einer Ganganalyse eine plantare Druckverteilungsmessung durchgeführt, deren Inhalt und Ablauf in Kapitel 2.2.2 ausführlich beschrieben werden. Die Therapieempfehlung im Haus basiert maßgeblich auf der Anwendung orthopädischer Einlagen, gegebenenfalls in Kombination mit physikalischer Therapie oder Medikamenten. Die orthopädischen Einlagen werden unter Berücksichtigung der in der Ganganalyse erhobenen Befunde individuell angefertigt, wobei die

Ergebnisse in der plantaren Druckverteilungsmessung ein wesentliches Kriterium darstellen.

Der erste Teil der vorliegenden Untersuchung soll zeigen, ob sich Patienten mit Achillessehnentendinitis systematisch von gesunden Probanden anhand der plantaren Druckverteilungsmessung unterscheiden lassen. Dies geschieht zum einen vor dem Hintergrund der bislang unzureichend geklärten Ätiopathogenese der Achillessehnentendinitis und hier insbesondere im Hinblick auf eine Medialisierung des Abrollvorganges. Zum anderen soll die Untersuchung in der Frage weiterhelfen, ob die plantare Druckverteilung als ein sinnvolles Instrument in der Diagnostik der Achillessehnentendinitis anzusehen ist.

Im zweiten Teil der Arbeit soll die Wirksamkeit der orthopädischen Einlagen, die in der institutseigenen Ambulanz verordnet werden, an Patienten mit Achillessehnentendinitis untersucht werden. Dies geschieht in einem prospektiven Ansatz, bei dem die gesundheitsbezogene Lebensqualität mit Hilfe des SF-36 Fragebogens zum Zeitpunkt einer symptomatischen Achillessehnentendinitis und nach einer dreimonatigen Therapie mit Einlagen erfasst wird.

Die Fragestellungen lauten wie folgt:

- Gibt es systematische Unterschiede in der plantaren Druckverteilung zwischen Läufern mit symptomatischer Achillessehnentendinitis und einer gesunden Kontrollgruppe?
- Welche Veränderungen ergeben sich in der gesundheitsbezogenen Lebensqualität nach dreimonatiger Therapie mit orthopädischen Einlagen bei Patienten mit Achillessehnentendinitis? Lässt sich anhand des SF-36 die klinische Wirksamkeit der Intervention mit orthopädischen Einlagen nachweisen?

2 Studienablauf und Methoden

2.1 Plantare Druckverteilung

2.1.1 Untersuchungsstichprobe

Die Untersuchungsstichprobe umfasst 36 männliche Läufer. Sie setzt sich zusammen aus Patienten, die sich zwischen 2003 und 2005 in der sportmedizinischen Ambulanz der Universität Tübingen vorgestellt haben, und aus Probanden, die sich auf Anzeigen in lokalen Zeitungen sowie auf Flugblätter, die bei Laufveranstaltungen ausgegeben wurden, gemeldet haben. Unter Berücksichtigung der Ein- und Ausschlusskriterien wurden die Probanden in zwei Gruppen eingeteilt, die Achillessehnentendinitisgruppe (AS) und die gesunde Kontrollgruppe (KO). Die Probanden haben vor der Datenerhebung ihre Einwilligung zur Teilnahme an der Untersuchung gegeben, indem sie eine Einwilligungserklärung unterschrieben haben. Die Studie wurde vorab von der Ethikkommission der Universität Tübingen bewilligt.

Tabelle 1: Untersuchungsstichprobe plantare Druckverteilung

Gruppe	Alter	Körpergröße	Gewicht	Geschlecht
AS (n=18)	40,3 +/- 6,6 Jahre	178,4 +/- 7,8 cm	77,9 +/- 8,0 kg	männlich
KO (n=18)	43,0 +/- 5,0 Jahre	181,3 +/- 5,9 cm	75,5 +/- 8,0 kg	männlich

Einschlusskriterien:

- Alter der Probanden zwischen 18 und 50 Jahren
- Eine Mindestanzahl von 30 Trainingskilometern Laufen pro Woche in den vergangenen 6 Monaten
- Charakterisierung als Rückfußläufer im Rahmen der Ganganalyse in der Abteilung Sportmedizin der Universität Tübingen
- Die von einem Facharzt für Orthopädie gestellte Diagnose nicht-insertionale Achillessehnentendinitis mit Vorhandensein eines

Druckschmerzes 2-6 cm proximal des Achillessehnenansatzes in der klinischen Untersuchung oder strukturellen Veränderungen und Neovaskularisationen im Ultraschall und Doppler-Ultraschall (AS-Gruppe)

- Dauer der klinischen Symptomatik einer Achillessehnentendinitis von mindestens 3 Monaten (AS-Gruppe)
- Keine Symptome oder Verletzungen der unteren Extremität in den vergangenen 6 Monaten (KO-Gruppe)

Ausschlusskriterien:

- Insertionale Achillessehnenbeschwerden
- Verletzungen oder Symptome der unteren Extremität an Lokalisationen, die nicht der Achillessehne entsprechen
- Operative Eingriffe an der Achillessehne in der Vorgeschichte
- Ein verändertes Therapieregime innerhalb der letzten 4 Wochen (AS-Gruppe)

2.1.2 Methode

Die Messung der plantaren Druckverteilung erfolgt im Barfuß-Lauf mittels einer Druckmessplatte, die in die Mitte einer 12 Meter langen Weichschaumbahn (Shore 18) eingelassen ist. Die Anlaufdistanz bis zur Messplatte wird von den Probanden frei gewählt.

Tabelle 2: Übersicht Messbedingungen plantare Druckverteilung

Messbedingung	Charakterisierung
Druckmessplatte	Emed-X der Fa. Novel, München <ul style="list-style-type: none"> • Größe der Messplatte: 690 x 403mm • Räumliche Auflösung: 4 Sensoren / cm² • Zeitliche Auflösung: 100 Hertz
Geschwindigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Von den Probanden frei gewählt, gemessen über Lichtschranken • Nach 5 Einzelmessungen Bildung des Mittelwertes • Die ausgewerteten Einzelmessungen durften maximal +/- 5% vom Mittelwert abweichen
Seite	<ul style="list-style-type: none"> • AS-Gruppe: einseitig (erkrankte Seite) • KO-Gruppe: beidseitig

2.1.3 Datenanalyse

Die Datenanalyse der plantaren Druckverteilungsmessung erfolgt zunächst durch die Weiterverarbeitung der Rohdaten mit der Software Novel basic 9.39 und Novel multimask 9.395. Dabei werden die Aufzeichnungen der Einzelschritte visuell auf Vollständigkeit im Sinne eines von der Ferse bis zu den Zehen vollständig aufgezeichneten plantaren Fußabdruckes überprüft. Unvollständige Aufzeichnungen sowie Einzelschritte mit Messartefakten werden von der weiteren Auswertung ausgeschlossen, gegebenenfalls werden bei den betroffenen Probanden weitere Messungen durchgeführt, um fünf gültige Einzelversuche auswerten zu können. Danach erfolgt die Mittelwertbildung von jeweils fünf gültigen Einzelversuchen pro Proband. Die gemittelten Daten werden in ASCII exportiert.

Die Berechnung der Messgrößen, die zur Untersuchung möglicher Unterschiede zwischen den Gruppen AS und KO herangezogen werden, erfolgt in der in MATLAB 7.0.1 programmierten Software Pressure Analysis 2.0.

2.1.4 Beschreibung der Messgrößen

Um die Auswertung auf ein Gebiet von besonderem Interesse konzentrieren zu können, werden insgesamt 8 Masken über die Druckverteilung des gesamten Fußes gelegt.

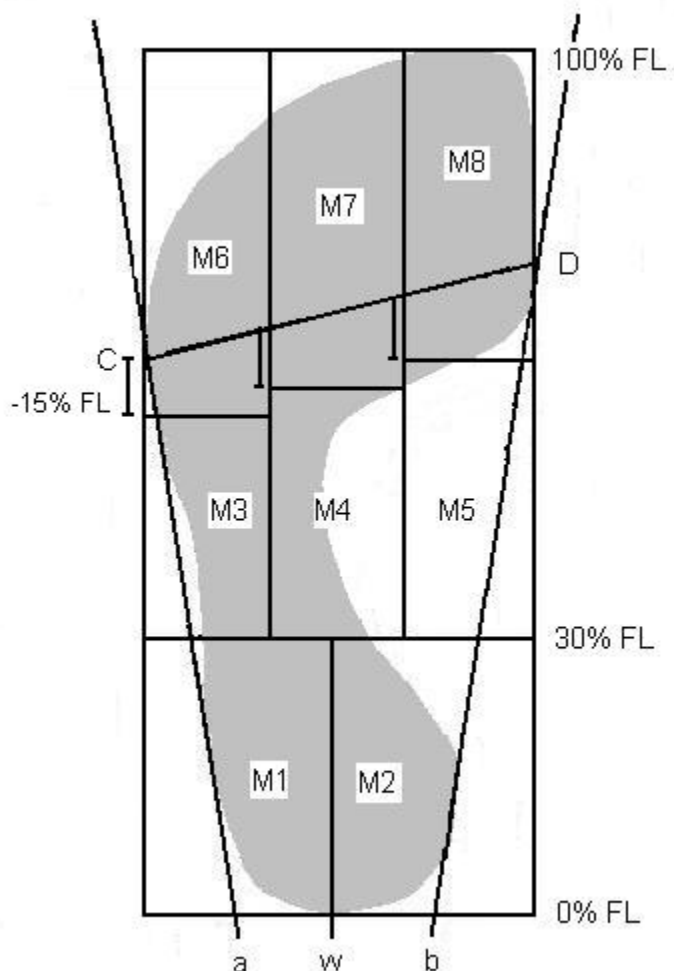


Abbildung 1: Einteilung des Fußes in 8 Masken (FL=Fußlänge)

Die y-Achse ergibt sich aus der Winkelhalbierenden (w) der medialen und lateralen Tangenten (medial = a , lateral = b) an den Fußseiten. Die Gesamtmatrixlänge in vertikaler Richtung entspricht der Fußlänge (FL) und errechnet sich aus der maximalen Anzahl belasteter Sensoren in y-Richtung

multipliziert mit der Sensorkantenlänge. Die x-Achse ergibt sich als Orthogonale zur Winkelhalbierenden durch den ersten belasteten Sensor in y-Richtung. Die Gesamtmatrixbreite ergibt sich aus den Orthogonalen zur y-Achse durch den jeweils am weitesten medial und am weitesten lateral gelegenen Punkt der Druckmatrix.

Die Ballenlinie ist die Verbindung zwischen zwei errechneten Punkten: zwischen 60% und 80% der Fußlänge wird die am weitesten medial und die am weitesten lateral gelegene belastete Spalte von Drucksensoren ermittelt. Der maximal belastete Sensor in der jeweiligen Spalte markiert dann den medialen bzw. lateralen Ballenpunkt (C, D) die Verbindung der beiden beschreibt die Ballenlinie.

Die Einteilung der Masken in horizontaler Richtung (x-Achse) erfolgt im Fersenbereich (M1 und M2) durch die Halbierung, im Mittelfußbereich (M3, M4 und M5) und im Vorfußbereich (M6, M7 und M8) durch die Drittelung der Gesamtmatrixbreite. Die Grenzen der Masken in y-Richtung beschreiben die Übergänge vom Rückfuß zum Mittelfuß sowie vom Mittelfuß zum Vorfuß. Die Grenze zwischen Rück- und Mittelfuß liegt bei 30% der Fußlänge in Abrollrichtung. Die treppenförmige Grenze zwischen Mittelfuß- und Vorfußmasken orientiert sich an der Ballenlinie: zunächst wird eine Parallele zur Ballenlinie 15% der Fußlänge nach posterior verlagert angelegt (-15% FL). Die Schnittpunkte zwischen den lateralen Begrenzungen der Masken, die durch Drittelung der Gesamtmatrixbreite entstehen, markieren die Grenze zwischen den einzelnen Masken.

Folgende Messgrößen werden ausgewertet:

- **Fmax normiert:** Maximale vertikale Kraft (vertikale Bodenreaktionskraft), die während eines Abrollvorgangs auftritt. Angegeben als Vielfaches der Gewichtskraft eines Probanden.
- **t Fmax:** Zeitliches Auftreten von Fmax im Abrollvorgang in y-Richtung in Prozent des gesamten Abrollvorganges [% Roll Over Process, % ROP].
- **Mx FTI:** Anteil des Kraft-Zeit-Integrals (FTI) einer Maske am Kraft-Zeit-Integral des gesamten Abrollvorgangs (Gesamt-FTI), angegeben in Prozent [%]. X steht für die jeweilige Maskennummer (s. Abbildung 1).

- **Mx rel Contact Area:** Prozentualer Anteil der belasteten Fläche in einer Maske an der gesamten belasteten Fläche [%]. X steht für die jeweilige Maskennummer (s. Abbildung 1).

Durch die Addition der Kraft-Zeit-Integrale verschiedener Masken werden zudem Lastverteilungen unter bestimmten Fußregionen berechnet:

- **FTI medial:** Anteil des Kraft-Zeit-Integrals unter der medialen Fußhälfte am Gesamtintegral. FTI medial errechnet sich wie folgt:
M2 FTI + M5 FTI + M8 FTI + $\frac{1}{2}$ x M4 FTI + $\frac{1}{2}$ x M7 FTI [%]
- **FTI RF:** Summe der Rückfußmasken M1 FTI + M2 FTI [%]
- **FTI MF:** Summe der Mittelfußmasken M3 FTI + M4 FTI + M5 FTI [%]
- **FTI FF:** Summe der Vorfußmasken M5 FTI + M7 FTI + M8 FTI [%]

2.2 Untersuchung zur Wirksamkeit der Einlagen

2.2.1 Untersuchungsstichprobe

Die Untersuchungsstichprobe umfasst Patienten, die sich zwischen August 2003 und April 2004 mit einer Achillessehnentendinitis zu einer Ganganalyse in der Abteilung Sportmedizin der Universitätsklinik Tübingen vorgestellt und basierend auf deren Ergebnissen orthopädische Einlagen verordnet bekommen haben. Die Stichprobe umfasst 9 Probanden.

Tabelle 3: Untersuchungsstichprobe Wirksamkeit der Einlagen

Anzahl	Alter	Gewicht	Geschlecht
n=9	40,1 +/- 13,6 Jahre	74,2 +/- 10,4 kg	8 Männer, 1 Frau

Die Probanden haben ihre Einwilligung zur Teilnahme an der Untersuchung mit der Unterzeichnung einer Einwilligungserklärung gegeben, die vorab von der Ethikkommission im Rahmen des Prüfplans bewilligt wurde.

Einschlusskriterien:

- Die von einem Facharzt für Orthopädie gestellte Diagnose einer Achillessehnentendinitis und Anwesenheit von Symptomen (Schmerzen)

- Schriftliche Einwilligung zur Teilnahme an der Studie, bei Minderjährigen schriftliche Einwilligung eines Erziehungsberechtigten
- Das Vorliegen der eigenhändig und vollständig ausgefüllten „Fragebögen 1 und 2 zur Einlagensprechstunde“ (s. Anhang)

Ausschlusskriterien:

- Probanden, bei denen aufgrund der Schmerzlokalisierung von einer insertionalen Achillessehnentendinitis ausgegangen werden muss
- Probanden, die an weiteren Erkrankungen oder Schmerzzustände im Bereich der unteren Extremität leiden

2.2.2 Studienablauf

Dieser Teil der Untersuchung findet im Rahmen der Ganganalyse statt, die einen Teil der ambulanten Patientenversorgung der Abteilung Sportmedizin der Universitätsklinik Tübingen darstellt. Der Ablauf einer solchen Ganganalyse ist Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4: Übersicht über den Ablauf einer Ganganalyse in der Abteilung Sportmedizin der Universität Tübingen (Stand 2004)

<p>Anamnese und klinische Untersuchung:</p>	<p>Folgende Informationen sollen gewonnen werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Symptome und Dauer der Symptome • Leidensdruck • Bisherige therapeutische Interventionen • Sportart und Trainingsumfang • Klinische Untersuchung
<p>Betrachtung des getragenen Schuhs:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Laufstil • Wichtige Referenz zu den Informationen, die durch die weiteren Untersuchungen gewonnen werden
<p>Plantare Druckverteilungsmessung im Laufen:</p>	<p>Visuelle Interpretation der Druckverteilungsbilder:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fußform (Hohlfuß, Senkfuß, Plattfuß) • Verteilung der Belastungsmaxima • Fersenaufsatz • Abdruck • Verlauf des Druckschwerpunktes (COP)
<p>Laufbandanalyse, videogestützt:</p>	<p>Der Abrollvorgang wird beurteilt hinsichtlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lauftyp (RF-, MF-, VF-Läufer) • Fußstellung (Pronation, Supination) bei Fersenaufsatz, Standphase und Abdrucksituation <p>Weiter werden visuell beurteilt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beinachse • Beckenachse
<p>Beratung, Verordnung von Einlagen:</p>	<p>In Abhängigkeit der Befunde wird die Indikation zu orthopädischen Einlagen gestellt. Besteht die Indikation, werden die Komponenten der Einlagen entsprechend der Befunde und Anforderungen hinsichtlich der Nutzung (Alltag, Sportart) für jede Fußseite ausgewählt, in einer Datenbank dokumentiert und die Einlagen bestellt.</p>

Erhalt der Einlagen:	Die Anfertigung der Einlagen dauert ca. 3 Wochen. Die Patienten haben die Möglichkeit, diese in Anwesenheit vom orthopädischen Schuhmacher abzuholen, der dann eine Einpassung in die für die Einlagen vorgesehenen Schuhe vornehmen kann.
-----------------------------	--

Nach vorausgegangener schriftlicher Information über den Ablauf der Studie mittels der von der Ethikkommission bewilligten „Patienteninformation“ (s. Anhang) können sich die Patienten entscheiden, ob sie an der Studie teilnehmen wollen.

„Fragebogen Nr. 1 zur Einlagensprechstunde“ (s. Anhang) wird von den Patienten vor Beginn der Lauf- und Ganganalyse anonym ausgefüllt und in die dafür vorgesehene Box im Wartebereich eingeworfen. Dies wird in der Studie als Messtag 1 (M1) bezeichnet. Messtag 2 (M2) soll nach dreimonatigem Tragen der Einlage stattfinden. Deshalb wird jedem Patienten drei Monate nach Erhalt der Einlage „Fragebogen Nr. 2 zur Einlagensprechstunde“ mit der Bitte um eigenhändige Bearbeitung per Post zugesandt. Ein frankierter und adressierter Rückumschlag gewährt die Anonymität.

Die Informationen, die im Laufe der Ganganalyse über einen Patienten gewonnen werden, werden in einer abteilungsinternen passwortgeschützten Datenbank dokumentiert.

2.2.3 Untersuchungszeitraum

Die Wahl des Untersuchungszeitraumes ist eine wichtige Frage für ein sinnvolles Studiendesign. In der aktuellen Literatur gibt es keine Arbeiten, die sich mit der Frage der notwendigen Therapiedauer mit orthopädischen Einlagen zum Nachweis eines Effekts beschäftigt. Dieser Aspekt der Therapie mit Einlagen wurde bislang nicht aktiv untersucht. Einzig die Studie MÜNDERMANN et al. (2004) beschäftigt sich mit dem Thema, ob es einen Unterschied zwischen dem sofortigen Effekt einer orthopädischen Einlage auf Komfort, Kinematik, Kinetik und Muskelaktivität der unteren Extremität und

einem Effekt, der sich eventuell nach längerer Therapiedauer einstellt, gibt. Die Untersuchung findet jedoch nicht an erkrankten Patienten statt, sondern beschäftigt sich primär mit dem Nachweis, ob der Effekt verschiedener Einlagen auf die genannten Aspekte innerhalb einer Zeitdauer von drei Wochen konstant ist. Betrachtet man nun aktuellere Arbeiten, die durch die Therapie mit Einlagen eine Besserung oder Heilung von Überlastungserkrankungen zeigen können, liegt die Spanne der Therapiedauer zwischen zwei und zwölf Monaten (BAUR und MAYER, 2003; JOHNSTON und GROSS, 2004; BAUR et al., 2004; FERBER et al., 2005; LANDORF et al., 2006). In der vorliegenden Studie wird ein Untersuchungszeitraum von drei Monaten gewählt. Bei einem langen Beobachtungszeitraum besteht die Gefahr einer höheren Ausfallsquote seitens der Probanden, was in der vorliegenden Studie einen geringeren Rücklauf der Fragebögen bedeuten würde. Zudem ergibt sich eine schlechtere Kontrolle möglicher Nebeneffekte, die Einfluss auf die Messungen nehmen können (z.B. Veränderung der alltäglichen Belastung, Auftreten zusätzlicher Erkrankungen, nachlassende Compliance).

2.2.4 Methode

„Fragebogen 1 und 2 zur Einlagensprechstunde“ setzen sich zusammen aus Teilen des Fragebogens zum allgemeinen Gesundheitszustand SF-36 (SF-36 Health Survey), „Fragebogen 2 zur Einlagensprechstunde“ beinhaltet zusätzlich spezifischen Fragen, mit denen verschiedene Aspekte bezüglich der Therapie mit Einlagen erfasst werden sollen.

Der SF-36 Fragebogen zum allgemeinen Gesundheitszustand ist ein standardisiertes Instrument zur krankheitsübergreifenden Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (BULLINGER und KIRCHBERGER, 1998). Verwendet wird die deutsche Version des Fragebogens. Der Fragebogen besteht aus 36 Einzelfragen (Items), die acht Themenbereichen (Skalen) zugeordnet sind. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Skalen mit den verwandten Abkürzungen.

Tabelle 5: Skalen des SF-36 (BULLINGER und KIRCHBERGER, 1998)

Skala	Abkürzung Skala
Körperliche Funktionsfähigkeit	KÖFU
Körperliche Rollenfunktion	KÖRO
Körperliche Schmerzen	SCHM
Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	AGES
Vitalität	VITA
Soziale Funktionsfähigkeit	SOFU
Emotionale Rollenfunktion	EMRO
Psychisches Wohlbefinden	PSYC

Der Fragebogen wird ausgewählt, da er im deutschen Sprachraum das am häufigsten angewandte Instrument zur Messung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität darstellt (GARRATT et al., 2002) und höchst vielfältig eingesetzt wird. Die internationale Anerkennung des SF-36 ist verbunden mit den erfüllten hohen Testgütekriterien (BULLINGER und KIRCHBERGER, 1998). Weiter liegt der Fragebogen in einer offiziellen deutschen Übersetzung vor und es existieren deutsche Normstichproben, was die Einordnung der Ergebnisse ermöglicht. Für die Überprüfung der Wirksamkeit der im Biomechaniklabor verordneten Einlagen werden nur die Themenbereiche des SF-36 verwendet, die unter den Aspekt „physische Gesundheit“ fallen. Es handelt sich um die Skalen KÖFU, KÖRO, SCHM, und AGES. Diese Entscheidung basiert auf Vorerfahrungen durch eine Studie, die in der Biomechanik-Abteilung durchgeführt wurde. Die Stichprobe, die Patienten mit verschiedenen Überlastungserkrankungen umfasste, zeigte keinen Unterschied zur gesunden Kontrollgruppe in den Skalen des Aspektes psychische Gesundheit (VITA, SOFU, EMRO und PSYCH).

Jede Skala des SF-36 umfasst eine unterschiedliche Anzahl von Einzelfragen (Items), die für die Auswertung von Bedeutung sind. Jedes Item wiederum umfasst eine unterschiedliche Zahl von Antwortmöglichkeiten (Stufen).

Tabelle 6: Skalen, Item- und Stufenzahl sowie Beschreibung der ausgewählten Skalen des SF-36 (BULLINGER und KIRCHBERGER, 1998)

Skalen	Einzelfragen	Stufen	Beschreibung
Körperliche Funktionsfähigkeit (KÖFU)	10	21	Ausmaß, in dem der Gesundheitszustand körperlicher Aktivitäten wie Selbstversorgung, gehen, Treppen steigen, bücken, heben und mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten beeinträchtigt.
Körperliche Rollenfunktion (KÖRO)	4	5	Ausmaß, in dem der körperliche Gesundheitszustand die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigt, z.B. weniger schaffen als gewöhnlich, Einschränkungen in der Art der Aktivitäten oder Schwierigkeiten, bestimmte Aktivitäten auszuführen.
Körperlicher Schmerz (SCHM)	2	11	Ausmaß an Schmerzen und Einfluss der Schmerzen auf die normale Arbeit, sowohl in als auch außerhalb des Hauses.
Allgemeine Gesundheit (AGES)	5	21	Persönliche Beurteilung der Gesundheit, einschließlich aktuellem Gesundheitszustand, zukünftigen Erwartungen und Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen.

„Fragebogen Nr. 2 zur Einlagenversorgung“ (siehe Anhang) umfasst über die Fragen des SF-36 hinaus weitere Fragen. Die unter 8 bis 11 aufgeführten Fragen sollen Faktoren erörtern, die für den Behandlungserfolg in der Therapie mit Einlagen von Bedeutung sein können. Insbesondere die Compliance sowie mögliche Begleittherapien scheinen von Interesse. Die Fragen, die unter Nummer 12 subsummiert sind, sollen eine orientierende Evaluation der Zufriedenheit der Patienten mit verschiedenen Aspekten der Einlagenversorgung ermöglichen. Die Fragen 13 bis 18 sollen darüber Aufschluss geben, wie häufig bei den verordneten orthopädischen Einlagen nach deren Erhalt Nachbesserungsbedarf besteht und wie häufig dieser Service von den Patienten genutzt wird. Aufgrund der kleinen Probandenzahl werden diese Fragen nur zum Teil ausgewertet. Es soll an dieser Stelle hervorgehoben werden, dass diese Fragen ausschließlich mit dem Ziel der subjektiven Interpretation entworfen wurden und aufgrund fehlender Überprüfung der

Testgütekriterien kein Messinstrument im Sinne der evidenzbasierten Medizin darstellen.

2.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung aller erfasster Untersuchungsdaten erfolgt mit dem Statistikprogramm JMP 7.0 vom SAS Institute Inc. Um das Risiko von Übertragungsfehlern zu minimieren, werden alle Daten zweimal eingegeben und anschließend abgeglichen.

Die wesentlichen angewandten statistischen Methoden sind der deskriptiven Statistik entnommen: absolute und relative Häufigkeiten, Mittelwerte und Mediane. Weiter wird der Wilcoxon-Test zum Vergleich unverbundener Stichproben gerechnet.

2.3.1 Statistische Auswertung der plantaren Druckverteilungsmessung

Zunächst erfolgt die Überprüfung der Daten auf Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk-Test ($\alpha=0,05$), welche ergibt, dass es sich überwiegend um nicht normal verteilte Daten handelt. Zudem sind die Fallzahlen innerhalb der Gruppen relativ klein (jeweils $n=18$).

Die graphische Beschreibung der Verteilung der Daten erfolgt durch sogenannte Box-Plot-Diagramme. Nach oben und unten wird die „Box“ vom 75. und 25. Perzentil begrenzt, d.h. innerhalb der Box liegen die mittleren 50% der Werte. Die Horizontale innerhalb der Box stellt den Median dar. Die Lage des Medians in y-Richtung gibt Auskunft über die Verteilung der Daten: Liegt er exakt in der Mitte der Box, handelt es sich in der Regel um normal verteilte Daten. Die Schnurrhaare („Whiskers“) der Diagramme geben den gesamten Umfang der Verteilung vom minimalen bis zum maximalen Wert wider. Ausreißer können außerhalb des von den Schnurrhaaren markierten Bereiches liegen.

Der Vergleich der beiden unabhängigen Stichproben wird aufgrund der nicht normalverteilten Daten sowie der kleinen Fallzahlen mit dem nichtparametrische Wilcoxon-Test gerechnet. Das Signifikanzniveau wird mit $p=0,05$ (signifikant) und $p=0,01$ (hoch signifikant) angegeben.

2.3.2 Statistische Auswertung des SF-36

Die statistische Auswertung des SF-36 erfolgt nach den Vorgaben der Handanweisung zum SF-36 (BULLINGER und KIRCHBERGER; 1998) mit dem Statistikprogramm JMP 7.0 vom SAS Institute Inc. Die einzelnen Schritte der Auswertung sind in Abbildung 2 dargestellt.

- ▶ Dateneingabe
- ▶ Werte außerhalb des Wertebereichs in fehlende Daten umwandeln
- ▶ Umpolen oder rekalisieren der Werte bei den betreffenden Items
- ▶ Fehlende Daten durch Mittelwertschätzungen ersetzen
- ▶ Rohskalenwerte berechnen
- ▶ Rohskalenwerte in 0-100 Skalenwerte transformieren
- ▶ Fehlerkontrollen durchführen

Abbildung 2: Schritte in der Auswertung des SF-36

Die transformierten Skalenwerte, die in den verschiedenen Skalen jeweils zwischen 0 und 100 liegen können, sind so berechnet, dass ein höherer Wert in einer Skala einem besseren Gesundheitszustand entspricht. Die transformierten Skalenwerte werden für die Skalen KÖFU, KÖRO, SCHM und AGES jeweils an M1 und M2 berechnet. Die graphische Darstellung erfolgt durch ein Netzdiagramm, in welchem die Mediane für die Skalen des Aspekts physische Gesundheit (KÖFU, KÖRO, SCHM, AGES) an M1 und M2 dargestellt sind. Das Netzdiagramm wurde im Programm Microsoft Excel erstellt. Zudem erfolgte zum Vergleich der Messwerte innerhalb einer Skala von M1 nach M2 die graphische Beschreibung mit Box-Plot-Diagrammen, in denen zusätzlich das arithmetische Mittel abgebildet wird.

Z-Wert

Der Z-Wert erlaubt den Vergleich der untersuchten Population zu einer Referenzpopulation für einzelne Skalen.

Der z-Wert für jede einzelne Skala errechnet sich wie folgt:

$$z\text{-Wert} = \frac{\text{arithmet. Mittel (Studienpop.)} - \text{arithmet. Mittel (Normpop.)}}{\text{Standardabweichung (Normpop.)}}$$

Liegen die transformierten Skalenwerte einer Skala der Studienpopulation über denen der Normpopulation, ergibt sich für den z-Wert ein positiver Wert. Positive z-Werte weisen folglich auf eine bessere, negative z-Werte auf eine schlechtere Lebensqualität der Studienpopulation im Vergleich zur Normpopulation hin. Die Studienpopulation der vorliegenden Stichprobe wird an den Messtagen 1 und 2 mit der deutschen Normstichprobe verglichen. Für Überlastungserkrankungen liegen keine Referenzstichproben vor.

Effektgröße ε

Die Effektgröße ε wird von KAZIS et al. (1989) im Rahmen einer Studie zur Messung von Veränderungen des Gesundheitszustandes in den Bereich der Lebensqualitätsforschung eingeführt und ist inzwischen weit verbreitet. Die Effektgröße berechnet sich als Quotient der Differenz zweier Messwerte zu unterschiedlichen Zeitpunkten und der Standardabweichung zum Zeitpunkt der ersten Messung. Für die vorliegende Untersuchung berechnet sich die Effektgröße also wie folgt:

$$\varepsilon = \frac{\text{arithmet. Mittel (Skala M1)} - \text{arithmet. Mittel (Skala M2)}}{\text{Standardabweichung (Skala M1)}}$$

Eine Effektgröße von 1 beschreibt folglich eine Verbesserung um eine Standardabweichung. COHEN (1977) definiert eine Effektgröße von 0,2 als klein, eine Effektgröße von 0,5 als moderat und eine Effektgröße von 0,8 und mehr als groß.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse plantare Druckverteilung

Die Auswertung der plantaren Druckverteilungsmessung erfolgt vor dem Hintergrund der Frage, ob sich durch diese Methode Probanden mit Achillessehnentendinitis (AS) von beschwerdefreien Probanden (KO) unterscheiden lassen. Die folgende Tabelle ist eine Übersicht der Ergebnisse der ausgewerteten Messgrößen. Sie gibt den minimalen Wert (Min), die 10. Perzentile (10%), die 25. Perzentile (25%), den Median, die 75. Perzentile (75%), die 90. Perzentile (90%) und den maximalen Wert (Max) wieder. Zum Vergleich der Gruppen AS und KO wurde zudem für jede Messgröße der Wilcoxon-Rangsummen-Test gerechnet.

Tabelle 7: Ergebnisse der Auswertung der plantaren Druckverteilungsmessung für die Gruppen AS (n=18) und KO (n=18), Werte auf eine Dezimale gerundet.

Messgröße	Gruppe	Min	10%	25%	Median	75%	90%	Max	P-Wert
Fmax normiert	AS	2,0	2,0	2,1	2,4	2,5	2,6	2,8	0,602
	KO	1,9	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	2,8	
t Fmax normiert [% ROP]	AS	34,9	36,2	38,6	40,9	43,2	46,7	47,2	0,248
	KO	36	36,3	39,3	43,3	46,2	46,6	46,7	
Contact time [ms]	AS	204	217	234	248	272	293	324	0,447
	KO	212	226	241	249	280	294	296	
M1 FTI [%]	AS	4,2	6,7	7,6	8,9	10,2	12,9	13,5	0,064
	KO	2,6	3,7	6,7	7,4	8,9	11,9	14	
M2 FTI [%]	AS	5,6	6,9	9,6	11,3	13	14,7	15,8	0,367
	KO	3,8	5,2	7,6	10,7	12,0	14,7	15,8	
M3 FTI [%]	AS	0,1	0,3	1,2	2,5	4,0	5,0	6,6	0,121
	KO	0,2	0,2	0,8	1,3	2,8	4,3	8,6	
M4 FTI [%]	AS	0	1,0	1,7	2,1	3,1	4,4	5,3	0,022
	KO	0,2	0,3	0,6	1,0	2,3	4,7	9,1	

Messgröße	Gruppe	Min	10%	25%	Median	75%	90%	Max	P-Wert
M5 FTI [%]	AS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,145
	KO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	
M6 FTI [%]	AS	9,7	12,3	14,2	17,8	20,2	24,0	24,1	0,496
	KO	10,4	11,2	13,5	16,7	18,5	21,9	23,2	
M7 FTI [%]	AS	27,8	28,5	30,7	33,8	37,1	38,1	38,5	0,351
	KO	29,0	29,1	31,0	34,8	38,2	41,6	47,3	
M8 FTI [%]	AS	12,5	17,1	19,2	23,2	27,2	31,8	36,4	0,084
	KO	14,0	19,8	23,6	26,3	30,3	35,8	36,6	
FTI medial [%]	AS	36,9	39,8	42,7	45,9	51,8	58,2	58,3	0,402
	KO	37,8	39,4	41,7	45,7	48,1	52,7	56,5	
FTI lateral [%]	AS	41,7	41,8	48,2	54,1	57,1	60,2	63,2	0,402
	KO	43,5	47,6	51,9	54,3	58,3	60,6	62,2	
FTI RF [%]	AS	9,8	13,9	17,6	19,7	24,0	26,5	27,6	0,217
	KO	6,4	9,0	14,5	18,3	20,8	28,6	31,0	
FTI MF [%]	AS	0,1	1,3	3,1	5,6	6,9	9,4	9,5	0,045
	KO	0,9	1,0	1,4	2,1	4,8	12,9	13,5	
FTI FF [%]	AS	67,8	69,9	72,1	73,7	78,4	79,2	83,4	0,125
	KO	65,1	66,1	74,1	78,0	82,7	88,9	91,5	
M1 rel Contact Area [%]	AS	12,5	12,6	12,8	13,7	14,3	15,4	15,6	0,837
	KO	11,6	12,4	12,9	13,5	14,2	14,8	15,5	
M2 rel Contact Area [%]	AS	11,8	12,0	13,3	13,8	14,5	16,0	16,7	0,825
	KO	12,8	12,8	13,4	13,8	14,6	15,3	15,5	
M3 rel Contact Area [%]	AS	1,5	2,2	5,5	6,3	6,8	7,7	8,1	0,975
	KO	2,5	2,8	4,3	6,3	7,2	8,6	10,1	
M4 rel Contact Area [%]	AS	0,3	3,4	6,9	8,4	9,3	11,7	12,9	0,069
	KO	2,6	3,2	4,5	7,2	8,0	10,9	12,6	
M5 rel Contact Area [%]	AS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,7	2,1	0,106
	KO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	4,0	

Messgröße	Gruppe	Min	10%	25%	Median	75%	90%	Max	P-Wert
M6 rel Contact Area [%]	AS	16,7	17,2	18,5	19,2	19,8	21,6	23,4	0,235
	KO	16,9	17,4	18,7	19,7	20,8	21,9	22,2	
M7 rel Contact Area [%]	AS	18,8	19,2	20,4	21,1	22,3	22,9	23,1	0,133
	KO	19,6	20,1	21,5	22,0	22,5	23,1	23,1	
M8 rel Contact Area [%]	AS	15,4	16,3	16,8	17,7	18,3	20,0	20,3	0,624
	KO	15,9	16,0	17,0	18,0	19,1	19,7	19,8	
rel Contact Area medial [%]	AS	44,8	44,8	45,6	46,3	47,3	48,2	48,6	0,849
	KO	43,2	44,2	45,0	46,7	47,8	48,8	49,1	
rel Contact Area lateral [%]	AS	41,7	41,8	48,2	54,1	57,1	60,2	63,2	0,402
	KO	43,5	47,2	51,9	54,3	58,3	60,6	62,2	
rel Contact Area FF [%]	AS	54,5	55	56,5	57,4	58,8	64,7	66,2	0,064
	KO	53,5	55,8	58,1	59,7	61,5	62,6	62,8	
rel Contact Area MF [%]	AS	1,8	5,6	13,3	15,1	16,5	17,5	19,6	0,054
	KO	7,5	9,2	10,6	12,6	14,5	18,1	22,1	
rel Contact Area RF [%]	AS	24,6	24,6	26,4	27,4	29,1	31,6	32,0	0,764
	KO	24,3	25,7	26,4	27,1	28,6	30,3	30,6	

Zur Veranschaulichung folgt die graphische Darstellung und Beschreibung der wichtigsten Ergebnisse anhand von Box-Plot-Diagrammen.

3.1.1 M4 FTI

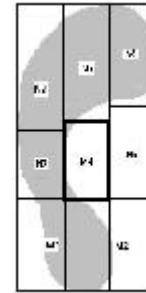
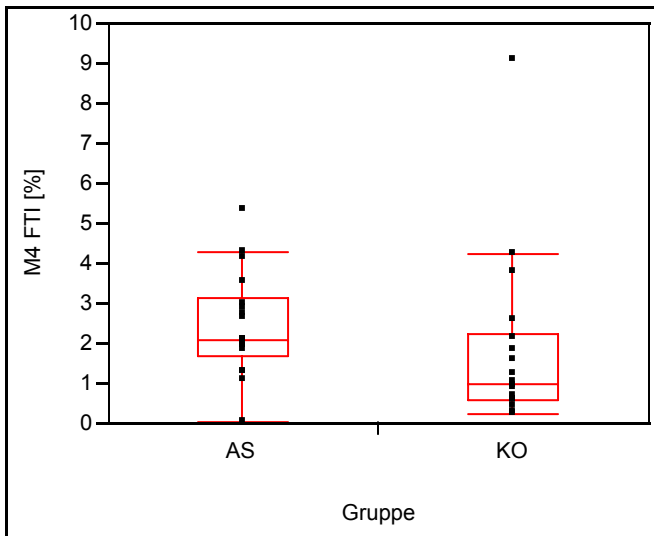


Abbildung 3: M4 FTI für die Gruppen AS (n=18) und KO (n=18)

Der Median für M4 FTI liegt für die Gruppe AS bei 2,1%, für die Gruppe KO bei 1,0% des Gesamtintegrals, es handelt sich bei M4 folglich um eine Fußregion mit insgesamt sehr kleinem Anteil an der Gesamtlast. Folgt man dem nichtparametrischen Wilcoxon-Test, so ergibt sich für den Unterschied zwischen den Gruppen AS und KO ein signifikantes Ergebnis ($p=0,022$). Die Streuungen in beiden Gruppen sind vergleichbar groß, in jeder Gruppe ist ein Ausreißer zu verzeichnen.

3.1.2 M4 relative Contact Area

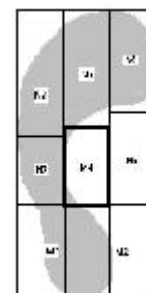
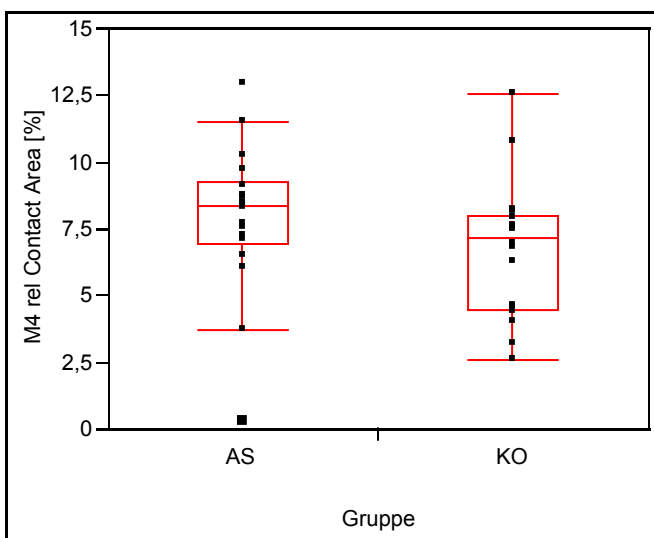


Abbildung 4: M4 rel Contact Area für die Gruppen AS (n=18) und KO (n=18)

Der Median für die relative Kontaktfläche in M4 liegt in der Gruppe AS mit 8,4% der Gesamtfläche über der KO-Gruppe, in der er bei 7,2% liegt. Auch das 25. und 75. Perzentil liegt bei der AS-Gruppe über dem KO-Gruppe, rechnerisch unterscheiden sich die Gruppen jedoch nicht signifikant ($p=0,069$). Die Streuungen der Werte sind in beiden Gruppen vergleichbar groß. In der AS-Gruppe zeigt sich je ein Ausreißer nach oben und nach unten.

3.1.3 FTI medial

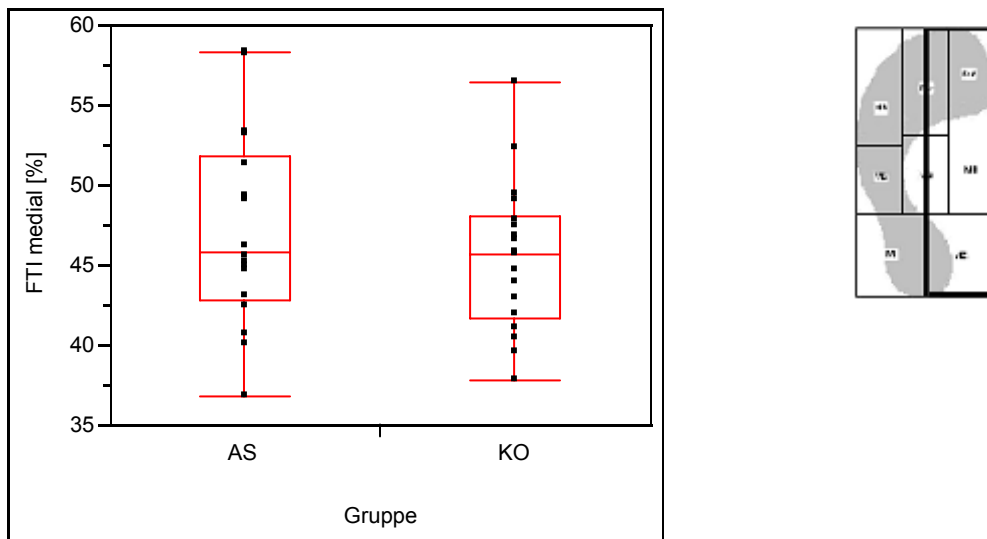


Abbildung 5: FTI medial für die Gruppen AS (n=18) und KO (n=18)

Der Median für FTI medial liegt für die AS-Gruppe AS bei 45,9% und die KO-Gruppe bei 45,7%, sie sind also nahezu identisch. Die Streuung ist in beiden Gruppen groß, zwischen minimalem und maximalem Wert liegt bei der AS-Gruppe eine Differenz von 21,4%, bei der KO-Gruppe von 18,7%.

3.1.4 FTI Mittelfuß (MF)

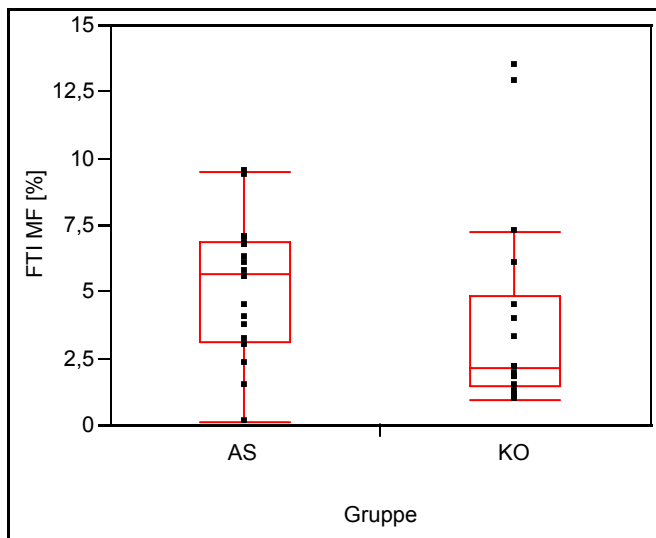


Abbildung 6: FTI Mittelfuß für die Gruppen AS (n=18) und KO (n=18)

Der Median für FTI MF liegt für die Gruppe AS bei 5,6%, für die Gruppe KO bei 2,1%. Folgt man dem nichtparametrischen Wilcoxon-Test, so ergibt sich für den Unterschied zwischen den Gruppen AS und KO ein signifikantes Ergebnis ($p=0,045$). Die AS-Gruppe streut etwas mehr als die KO-Gruppe, in der sich jedoch zwei Ausreißer nach oben zeigen.

3.1.5 FTI Vorfuß (FF)

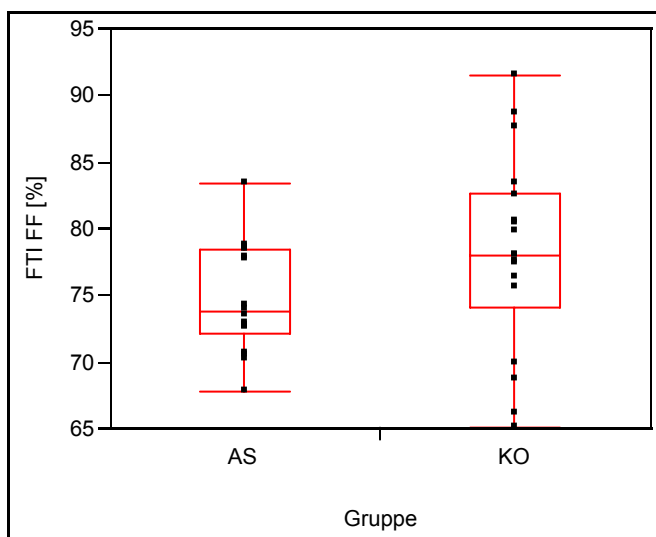


Abbildung 7: FTI Vorfuß für die Gruppen AS (n=18) und KO (n=18)

Der Median für FTI Vorfuß liegt für die AS-Gruppe mit 73,7% deutlich unter der KO-Gruppe (78%). Auch das 25%- und 75%-Quartil liegt bei der AS-Gruppe

niedriger als bei der KO-Gruppe, die relative Last im Vorfußbereich ist bei der AS-Gruppe also insgesamt geringer als bei der KO-Gruppe. Rechnerisch ist der Unterschied zwischen den Gruppen jedoch nicht signifikant ($p=0,125$). Erneut ist die Streubreite Werte in beiden Gruppen groß, die Differenz zwischen minimalem und maximalem Wert liegt in der noch stärker streuenden KO-Gruppe bei 26,4%.

3.1.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die beiden Gruppen AS und KO unterscheiden sich rechnerisch signifikant bezüglich des relativen Kraft-Zeit-Integrals in Maske M4 ($p=0,022$). In allen weiteren Fußmasken (M1 bis M8) ergeben sich sowohl für die relativen Kraft-Zeit-Integrale als auch für die relative belastete Fläche keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Rechnerisch signifikant dagegen ist der Unterschied in der Summe der relativen Kraft-Zeit-Integrale aller Mittelfußmasken (FTI MF) zwischen den beiden Gruppen ($p=0,045$). In der Summe der relativen Kraft-Zeit-Integrale über den Vorfußmasken liegt die AS-Gruppe deutlich unter der KO-Gruppe, rechnerisch ist der Unterschied jedoch nicht signifikant. Nahezu identisch sind die Summen der relativen Kraft-Zeit-Integrale über der medialen bzw. lateralen Fußseite (FTI medial bzw. lateral) beider Gruppen.

Über alle Messgrößen hinweg zeigen sich anhand der großen Streubreite der Werte große interindividuelle Differenzen innerhalb beider Gruppen. Ein systematischer Unterschied bezüglich der Streuungen innerhalb der Gruppen ist nicht erkennbar.

3.2 Ergebnisse Wirksamkeit der Einlagen

Die Wirksamkeit der in der sportmedizinischen Ambulanz der Universität Tübingen verordneten Einlagen soll anhand von Veränderungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zu den Messzeitpunkten M1 und M2 untersucht werden. Als Messinstrument dient der SF-36 Fragebogen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Wie in Kapitel 2.2.3 erläutert, werden die Skalen des SF-36 herangezogen, die unter den Aspekt „physische Gesundheit“ fallen.

Tabelle 8: Angewandte Skalen des SF-36

Skala	Abkürzung Skala
Körperliche Funktionsfähigkeit	KÖFU
Körperliche Rollenfunktion	KÖRO
Körperliche Schmerzen	SCHM
Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	AGES

3.2.1 Skalenwerte an Messtag 1 und 2 (M1 und M2)

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der transformierten Skalenwerte, Mediane, Mittelwerte und Standardabweichungen (Std. Abw.) an M1 und M2.

Tabelle 9: Übersicht: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Skalen KÖFU, KÖRO, SCHM und AGES des SF-36 Health Surveys

Proband Nr.	KÖFU		KÖRO		SCHM		AGES	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
10	100	100	100	100	84	100	92	97
37	95	100	100	100	74	100	100	95
50	75	95	75	75	51	74	77	82
60	100	80	25	100	51	62	87	67
83	95	100	100	100	84	84	72	92
105	60	80	100	75	10	41	60	60
107	90	95	100	100	72	61	87	77
110	90	100	100	100	72	100	82	87
128	90	85	100	100	62	74	47	47
Median	90	95	100	100	72	74	82	82
Mittelwert	88,3	92,8	88,9	94,4	62,2	77,3	78,2	78,2
Std.-Abw.	13,0	8,7	25,3	11,0	23,1	20,7	16,5	17,1
Effektgröße	0,34		0,22		0,65		0	

3.2.2 Veränderung des Medians von M1 nach M2

Das folgende Netzdiagramm beschreibt graphisch die Veränderung des Medians in den Skalen KÖFU, KÖRO, SCHM und AGES von M1 nach M2.

Keine Veränderung des Medians ergibt sich bei den Skalen „Allgemeine Gesundheit“ und „Körperliche Rollenfunktion“, dagegen ergibt sich bei der Skala „Schmerz“ eine Verbesserung des Medians um zwei Punkte und bei der Skala Körperliche Rollenfunktion eine Verbesserung um fünf Punkte.

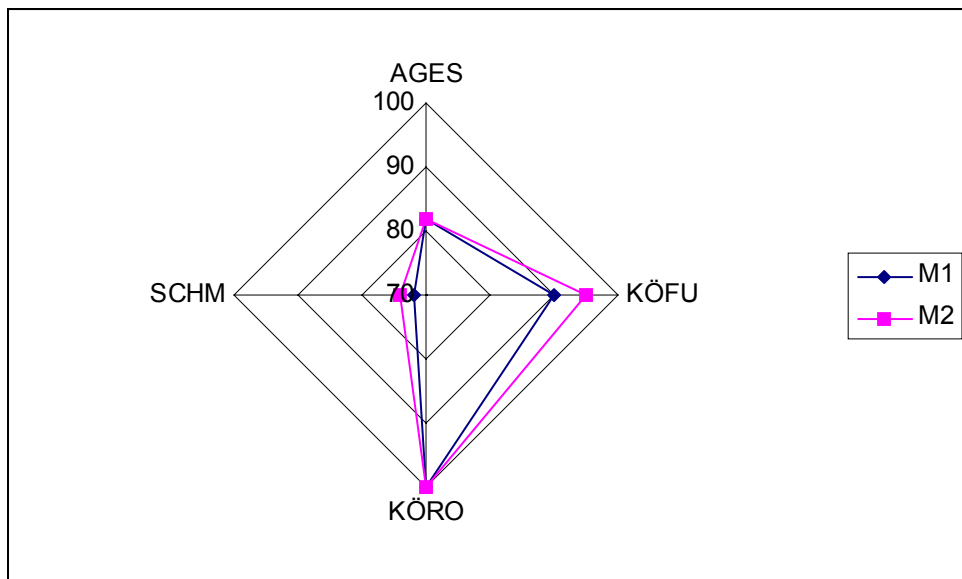


Abbildung 8: Netzdiagramm mit eingezeichnetem Median der jeweiligen Skalen für die AS-Patienten (n=9).

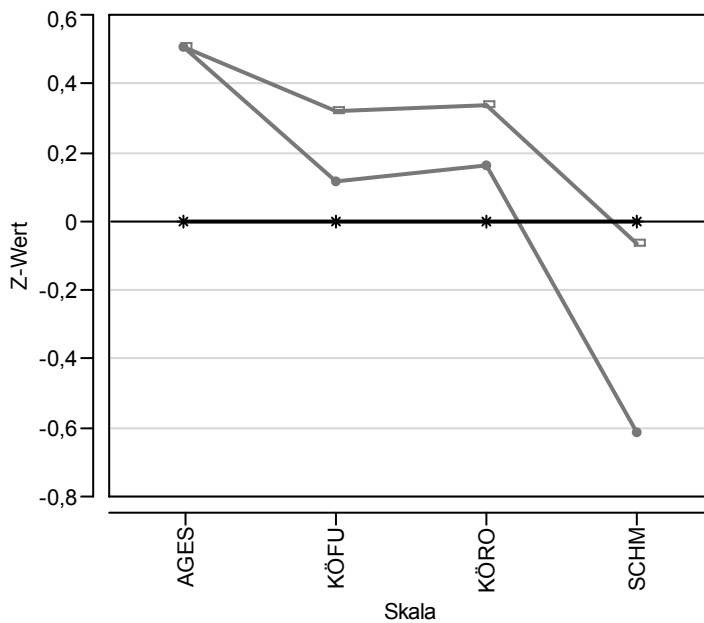
3.2.3 Z-Werte

Die folgende Tabelle gibt die z-Werte der AS-Gruppe an M1 und M2 sowie der Normalstichproben im Einzelnen wieder, für die Normstichprobe ergibt sich definitionsgemäß der Wert 0 in allen Skalen (siehe Kapitel 2.3.2).

Tabelle 10: z-Werte

	AGES	KÖFU	KÖRO	SCHM
AS an M1	0,5	0,1	0,2	-0,6
AS an M2	0,5	0,3	0,3	-0,1
Normstichprobe	0	0	0	0

Es folgt die graphische Darstellung der z-Werte für die AS-Gruppe an M1 und M2 sowie für die Normstichprobe.



Y

- — z-Wert M1
- — z-Wert M2
- * — z-Wert Normpop

Abbildung 9: z-Werte für AS (n=9) an M1 und M2 und für die Normstichprobe

Die AS-Gruppe liegt an M1 in den Skalen AGES, KÖFU und KÖRO über der deutschen Normstichprobe. Am deutlichsten in der Skala AGES, wo sich ein z-Wert von +0,5 errechnet. Dagegen liegt die AS-Gruppe in der Skala SCHM mit einem z-Wert von -0,6 deutlich unter der deutschen Normstichprobe.

Betrachtet man die Veränderungen von M1 nach M2, fällt auf, dass die Patienten mit Ausnahme der Skala AGES an M2 höhere z-Werte aufweisen. Am deutlichsten ist die Veränderung in der Skala SCHM von einem z-Wert von -0,6 zu einem z-Wert von -0,1. Damit liegt die AS-Gruppe an M2 jedoch weiterhin unter der deutschen Normstichprobe.

3.2.4 Effektgröße ε

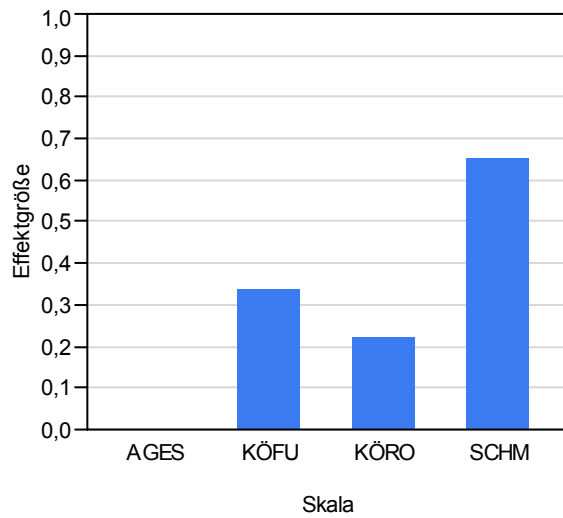


Abbildung 10: Effektgröße ε

Nach COHEN (1977) ist eine Effektgröße von 0,2 als klein, eine Effektgröße von 0,5 als moderat und eine Effektgröße von 0,8 und mehr als groß zu betrachten. Somit ergeben sich kleine Effekte für KÖFU und KÖRO und ein mehr als moderater Effekt für SCHM. Kein Effekt zeigt sich bei AGES.

3.2.5 Körperliche Funktionsfähigkeit (KÖFU)

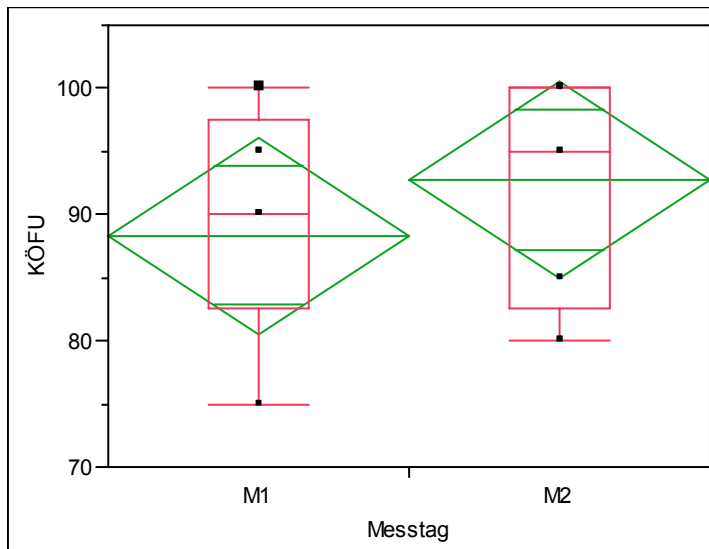


Abbildung 11: Skalenwerte KÖFU an M1 und M2 für die AS-Gruppe (n=9)

In der Skala KÖFU zeigt sich eine Verbesserung des Medians von 90 Punkten an Messtag 1 (M1) auf 95 Punkte an Messtag 2 (M2). Damit einhergehend verschieben sich auch das 25%-Quantil sowie der Minimalwert nach oben. An M1 zeigt sich ein Ausreißer, der bei 60 Punkten liegt.

3.2.6 Schmerz (SCHM)

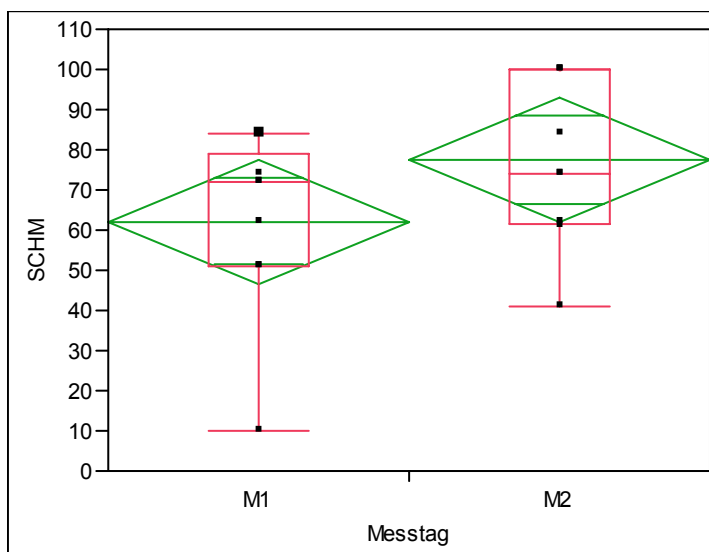


Abbildung 12: Skalenwerte SCHM an M1 und M2 für die AS-Gruppe (n=9)

Die Verbesserung des Medians von M1 nach M2 für die AS-Gruppe beträgt zwei Punkte. Minimaler Wert, Maximaler Wert sowie 25. und 75. Perzentil liegen an M2 deutlich über den Werten an M1. Betrachtet man das arithmetische Mittel, zeigt sich hier eine deutliche Verbesserung um 11,1 Punkte.

3.2.7 Begleittherapie

Proband-Nr.	Begleittherapie		
	Physiotherapie	Analgetika	Andere
10	0	0	0
37	X	0	0
50	X	0	X
60	0	0	0
83	0	0	X
105	X	0	X
107	X	X	X
110	X	0	X
128	X	0	0

Tabelle 11: Begleittherapie AS-Gruppe (n=9); X=ja, 0=nein.

Sieben von neun Patienten haben mindestens eine Form einer Begleittherapie erhalten, vier Patienten haben mehr als eine Therapieform zusätzlich in Anspruch genommen. Zwei von neun Patienten geben an, zusätzlich zu den orthopädischen Einlagen keine Begleittherapie in Anspruch genommen zu haben.

3.2.8 Tragehäufigkeit

Proband-Nr.	Schuhart		
	Sportschuhe	Straßenschuhe	Andere Schuhe
10	4	0	0
37	4	1	4
50	4	1	1
60	0	0	0
83	4	1	1
105	4	0	0
107	2	3	3
110	4	4	4
128	4	1	1

Tabelle 12: Tragehäufigkeit der Einlagen in der AS-Gruppe (n=9)
(4=immer, 3=häufig, 2=gelegentlich, 1=nie, 0=keine Antwort)

Sieben von neun Patient geben an, die Einlagen in Sportschuhen immer getragen zu haben. Ein Patient macht keine Angaben, ein Patient gibt an, die Einlagen gelegentlich in Sportschuhen getragen zu haben. In Straßenschuhen und „Anderen Schuhen“ wurde die Einlagen insgesamt seltener getragen als in Sportschuhen.

3.2.9 Die Einlagen der Probanden

Die folgende Tabelle soll eine Übersicht über die Funktionselemente und Art der Einlagen geben, die auf dem Boden der Befunde der Ganganalyse den Probanden der AS-Gruppe zur Therapie der Achillessehnentendinitis verordnet wurden. Die Angaben beziehen sich auf Einlagen der Firma IETEC Orthopädische Einlagen GmbH Produktions KG.

Tabelle 13: Funktionselemente und Art der Einlagen der Probanden der AS-Gruppe

Proband Nr.	Seite	Art der Einlage	Schale	Gewölbestütze	Detorsion	Cuboidstütze	Polsterfenster
10	links	Movement	verstärkt	mittel	verstärkt	leicht	keines
37	rechts	Movement	verstärkt	mittel	verstärkt	leicht	keines
50	links	Movement	verstärkt	mittel	verstärkt	leicht	keines
60	rechts	Movement	verstärkt	mittel	verstärkt	leicht	keines
83	links	Movement	verstärkt	mittel	verstärkt	leicht	keines
105	links	Weichschaum schaleneinlage	verstärkt	mittel	verstärkt	leicht	Plantar- faszie
107	rechts	Movement	verstärkt	mittel	verstärkt	leicht	keines
110	rechts	Movement	verstärkt	mittel	verstärkt	leicht	keines
128	rechts	Movement	verstärkt	mittel	verstärkt	leicht	keines

3.2.10 Zusammenfassung der Ergebnisse

In den betrachteten Skalen des SF-36 kam es mit Ausnahme der Skala AGES in der AS-Gruppe zu einer Verbesserung von M1 nach M2. In der Skala AGES, sind an beiden Messtagen identische Mediane zu verzeichnen. Die AS-Gruppe liegt bereits an M1 mit Ausnahme der Skala SCHM über der deutschen Normstichprobe. Insbesondere im Bereich Allgemeine Gesundheit (AGES), das sich durch die Intervention unbeeinflusst zeigt, ist eine deutliche höhere Ausgangslage zu verzeichnen.

In der Skala Schmerz (SCHM) zeigen alle Probanden eine Verbesserung von M1 nach M2, lediglich ein Proband gibt unveränderte Werte an. Dies zeigt sich im Vergleich mit der Normstichprobe, in der eine deutlich positiv veränderte Position der AS-Gruppe von M1 zu M2 auffällt, so dass die AS-Gruppe an M2 nur noch knapp unterhalb der Normstichprobe liegt. Die Verbesserung in dieser Skala wird vom Median unzureichend repräsentiert, hier zeigt sich lediglich eine Verbesserung von zwei Punkten. Dagegen indiziert das arithmetische Mittel eine deutliche Verbesserung: 62,2 Punkte an M1 stehen 77,3 Punkte an M2 gegenüber.

Die Angaben der Patienten zu Begleittherapien weisen daraufhin, dass Patienten mit Achillessehnentendinitis mehrheitlich Begleittherapien zu orthopädischen Einlagen in Anspruch nehmen. Hinsichtlich der Tragehäufigkeit zeigen sich zufriedenstellende Ergebnisse in Sportschuhen, mit abnehmender Häufigkeit werden Einlagen in Straßenschuhen oder anderen Schuhen getragen.

Im Bereich der Einlagenversorgung fällt auf, dass praktisch alle Probanden mit Achillessehnentendinitis die gleichen Einlagen verordnet bekommen haben. Lediglich ein Patient wurde mit einer Weichschaumschaleneinlage ausgestattet, in der zudem ein Polsterfenster im Bereich der Plantarfaszie eingebaut wurde.

4 Diskussion

4.1 Diskussion plantare Druckverteilung

4.1.1 Testgütekriterien (plantare Druckverteilung)

Mehrere Autoren haben sich in den letzten Jahren mit der Reproduzierbarkeit von verschiedenen Messgrößen bei der plantaren Druckverteilungsmessung befasst. McPOIL und CORNWALL (1997) untersuchen die intraindividuelle Variabilität von Messgrößen, die mit dem Verlauf des Druckschwerpunkts (COP) zusammenhängen. Gemessen wird zum einen mit einem Inschuh-Messsystem (Pedar, Firma Novel), zum anderen mit einer Messplatte (Emed-SF, Firma Novel). Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass der COP-Verlauf aufgrund seiner intraindividuellen Inkonsistenz ($ICCs < 0,504$) ein schlechter Indikator für den Abrollvorgang des Fußes darstellt. Anzumerken ist, dass im Gegensatz zur vorliegenden Untersuchung keine Barfußmessungen, sondern Messungen im Schuh auf der Messplatte vorgenommen werden. ROSENBAUM et al. (2004) zeigen bei insgesamt zufriedenstellender Reproduzierbarkeit gängiger Messgrößen, dass Regionen mit hohen Druckwerten eine bessere Reproduzierbarkeit zeigen als solche, an denen nur niedrige Druckwerte vorherrschen. VAN DER LEEDEN et al. (2004) finden insgesamt eine gute Reproduzierbarkeit bei Maximaldruckwerten und Kontaktzeiten, und zeigen, dass diese unabhängig von der Anzahl der Anlaufschritte (zwei bzw. drei Schritte) vor dem Auftreten auf die Druckmessplatte ist. MAIWALD et al. (2005) können zeigen, dass die Reproduzierbarkeit von Kraft-Zeit-Integralen nicht von der Anlaufgeschwindigkeit (freie Geschwindigkeitswahl versus 3,3 m/s) beeinflusst wird. Auch GURNEY et al. (2008) berichten von einer zufriedenstellenden Reproduzierbarkeit für Maximaldruck- und kraftwerte, Impulse und Kontaktzeiten. Die Autoren stellen wie VAN DER LEEDEN et al. fest, dass Fußregionen mit höheren Druckwerten ein höheres Reliabilitätsniveau zeigen als solche mit niedrigeren Druckwerten. Dieses Ergebnis deckt sich mit einer abteilungsinternen Studie (HEIN, 2006), in der die Reproduzierbarkeit von Maximalkraft- und Druckwerten und Zeitpunkt ihres Auftretens, Kraft-Zeit-

Integralen (FTI) und Druck-Zeit-Integralen (PTI), Kontaktzeiten sowie dem COP-Verlauf mit der in der vorliegenden Studie verwandten Emed-X-Messplatte (Firma Novel) untersucht werden. Weitere Ergebnisse dieser Untersuchung sind bei insgesamt guter Reproduzierbarkeit, dass die Kraft-Zeit-Integrale verschiedener Fußregionen noch höhere ICCs aufweisen als die entsprechenden Druck-Zeit-Integrale. Der COP-Verlauf weist bei gutem ICCs hohe Variationskoeffizienten auf, weshalb der Autor von einer klinischen Anwendung der Variable abrät. MAIWALD et al. (2008) kommen in ihrer Untersuchung zur Reproduzierbarkeit von plantaren Druckverteilungsdaten ebenfalls zu dem Schluss, dass Kraft-Zeit-Integrale eine sehr gute Reproduzierbarkeit aufweisen. Die Autoren empfehlen aus diesem Grund, sich bei der Interpretation plantarer Druckverteilungen bei zukünftigen Studien auf FTIs zu konzentrieren. Weiter diskutieren sie das Problem, dass der Nachweis einer guten Reproduzierbarkeit anhand der Berechnung von ICCs alleine problematisch ist, da ICCs auf verschiedene Weise berechnet werden könnten und dies auch zu unterschiedlichen Ergebnissen führe. Sie empfehlen deshalb, Standardabweichung, Variationskoeffizienten sowie die mittlere quadratische Abweichung zu berechnen und anzugeben, da so ein besseres Bild von der Reproduzierbarkeit der Daten gewonnen werden könne.

Insgesamt lässt sich somit sagen, dass unabhängig von der gewählten Geschwindigkeit oder Anlaufdistanz eine gute Reproduzierbarkeit für die gängigen Messgrößen wie Maximalkraft und -druckwerte, Kraft- und Druck-Zeit-Integrale sowie Kontaktzeiten vorliegt. Einschränkungen gelten für Kraft- und Druckmessungen an wenig belasteten Regionen des Fußes, zudem gibt es Hinweise, dass Kraft-Zeit-Integrale insgesamt am besten reproduzierbar sind und deshalb in der Interpretation besonders berücksichtigt werden sollten. Daten, die mit dem COP-Verlauf zusammenhängen, sollten nach bisheriger Datenlage nur mit Vorsicht interpretiert werden.

4.1.2 Diskussion der Ergebnisse (plantare Druckverteilung)

Im folgenden Kapitel sollen die Ergebnisse der plantaren Druckverteilung anhand der aktuellen Literatur interpretiert und diskutiert werden.

Zahlreiche Arbeiten legen nahe, dass zwischen dem Auftreten einer Achillessehnentendinitis und einer vermehrten Pronation im Abrollvorgang ein Zusammenhang besteht (JAMES et al., 1978; CLEMENT et al., 1984; BIEDERT, 1991; HINTERMANN und NIGG, 1998; MCCLAY und MANAL, 1998; GEYER, 2005). Die Erfahrungen aus der institutseigenen sportmedizinischen Ambulanz scheinen diesen Zusammenhang zu bestätigen: Die in der Ganganalyse erhobenen Befunde bei Patienten mit Achillessehnentendinitis sprechen dafür, dass dieses Krankheitsbild überzufällig häufig mit einer vermehrten Pronation verbunden ist. In der bislang einzigen prospektiven Untersuchung zu biomechanischen Einflussfaktoren auf die Entstehung von Überlastungserkrankungen konnten WILLEMS et al. (2006) zeigen, dass eine vermehrte Pronation sowie eine erhöhte Pronationsgeschwindigkeit zu einer erhöhten Inzidenz von Überlastungserkrankungen der unteren Extremität führen. Den Nachweis einer vermehrten Pronation führen die Autoren dabei auf eine Medialisierung des Abrollvorganges in der plantaren Druckverteilung zurück. Vor diesem Hintergrund wurden in der vorliegende Studie in der plantaren Druckverteilungsmessung Hinweise für einen Medialisierung des Abrollvorganges in der Achillessehnentendinitisgruppe (AS-Gruppe) erwartet. Die Pronationsbewegung ist komplexer Natur und findet im unteren Sprunggelenk sowie den Chopart- und Lisfrancgelenken statt. Sie setzt sich zusammen aus einer parallel ablaufenden Fußversion, Fußabduktion und Dorsalflexion (GRAU, 2003). Im zeitlichen Ablauf des Abrollvorganges findet die Pronationsbewegung hauptsächlich in der Stützphase statt: Sie beginnt nach dem Fersenaufsatz, der in Inversionsstellung erfolgt, und endet vor der Abstoßphase, die in Supinationsstellung statt findet. Das maximale Ausmaß der Pronationsbewegung wird nach 40 Prozent des zeitlichen Ablaufs der gesamten Standphase (40% ROP) erreicht (NOVACEK, 1998; GRAU, 2003). NOVACEK (1998) beschreibt weiter, dass die Pronationsbewegung bei Vorliegen einer Überpronation früher beginnen und später enden kann. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Untersuchung vermutet, dass eine vermehrte Pronation in den Mittelfußmasken M3 bis M5 zum Ausdruck kommen könnte (> 30% ROP). Erwarten würde man folglich, dass sich in der AS-Gruppe

medialseitig anhand höherer relativer Kraft-Zeit-Integrale höhere Lasten zeigen. M4 stellt für 75 Prozent aller Probanden die mediale Mittelfußmaske dar. Der Median für M4 FTI liegt mit 2,1 Prozent über dem der Kontrollgruppe (KO-Gruppe) mit 1,0 Prozent, was rechnerisch ein signifikanter Unterschied ist ($p=0,022$). Betrachtet man weiter die relative belastete Fläche (rel Contact Area) in dieser Maske, stellt man fest, dass auch hier der Median der AS-Gruppe über dem der KO-Gruppe liegt (8,4% versus 7,2%). Die Lasten und Kontaktflächen in M5 sind für beide Gruppen verschwindend klein (siehe Tabelle 6), so dass hier keine zusätzlichen Informationen hinsichtlich möglicher Unterschiede in der Pronationsbewegung gewonnen werden können. Die Ergebnisse im Bereich der Maske M4 für beide Gruppen sprechen also für eine Medialisierung des Abrollvorganges in der AS-Gruppe im Vergleich zur KO-Gruppe. Es gilt bei der Interpretation jedoch einige Einschränkungen zu bedenken: Auffällig sind sowohl für die FTIs als auch für die relative belastete Fläche große Streuungen in beiden Gruppen. In der AS-Gruppe ist die Streuung bei den Kraft-Zeit-Integralen größer, in der KO-Gruppe bei der belasteten Fläche, so dass sich hier kein systematischer Unterschied vermuten lässt. Weiter ist der Anteil von M4 FTI am Gesamtintegral sehr klein. Wie im vorangegangenen Kapitel erläutert, ist die Reproduzierbarkeit in Fußregionen, die wenig Last tragen, deutlich kleiner als in solchen, die viel Last tragen (VAN DER LEEDEN et al., 2004; GURNEY et al., 2008). In der institutseigenen Untersuchung an 91 Probanden (HEIN, 2006), die mit der selben Druckmessplatte und bei einer Geschwindigkeit von 12 km/h ($\pm 5\%$) durchgeführt wurde, errechnete sich für M4 mit 20,2% ($\pm 11,1\%$) ein schlechterer Variationskoeffizient (VK) als in den Rückfuß- und insbesondere in den Vorfußmasken (M1:13,2 \pm 5,6%; M2:14,1 \pm 6,0%; M6:7,8 \pm 3,1%; M7:5,1 \pm 2,0%; M8:8,1 \pm 4,7%). Noch deutlicher zeigt sich dies bei MAIWALD et al. (2008), hier liegt der VK in M4 bei über 70%. Das Problem schlechterer Reproduzierbarkeit für weniger belastete Regionen wird bei der vorliegenden Maskeneinteilungen jedoch immer präsent sein, da die Medialisierung des Abrollvorgangs bei Betrachtung der Kraft-Zeit-Integrale über die Mittelfußmasken charakterisiert werden muss. Ein weiteres Problem stellt die

Anfälligkeit der Mittelfußmasken für Fußdeformitäten dar: Ein erhöhtes oder abgeflachtes Fußlängsgewölbe führt zu einer Änderung der plantaren Druckverteilung im Mittelfußbereich (CAVANAGH et al., 1997; MORAG und CAVANAGH, 1999). Für Interpretationen plantarer Druckverteilung, die sich auf die Mittelfußmasken konzentrieren, ist folglich zu fordern, dass das Fußlängsgewölbe in den Ein- und Ausschlusskriterien beachtet wird. Um diese Probleme zu umgehen, wurde die Last über allen medialen Masken zusammengefasst (FTI medial). Man würde erwarten, dass auch hier eine Medialisierung des Abrollvorganges zum Tragen kommt. In der vorliegenden Untersuchung zeigen sich jedoch nahezu identische Werte für beide Gruppen. Es ist zu überlegen, ob hier eine andere (auf die Pronationsbewegung zugeschnittene) Maskeneinteilung weiterhelfen könnte. So könnte zum Beispiel ein Teil der medialen Rückfußmaske mit der medialen Mittelfußmaske zusammengefasst werden, da die Pronationsbewegung unmittelbar nach dem Fersenaufsatz beginnt (NOVACEK, 1998). Eine andere Möglichkeit wäre, die Kraft-Zeit-Integrale dem zeitlichen Verlauf des Abrollvorgangs zuzuordnen (vergleiche DeCOCK et al., 2005, WILLEMS et al., 2006). So ließen sich die Kraft-Zeit-Integrale einzelner Masken für bestimmte Abschnitte des Abrollvorgangs miteinander vergleichen und könnte die Pronationsbewegung besser erfasst werden. Dabei muss jedoch weiterhin bedacht werden, dass der Zusammenhang zwischen einer Medialisierung des Abrollvorgangs und der vermehrten Pronation lediglich ein Konstrukt darstellt, dessen Nachweis bislang nicht erbracht wurde.

Wie einleitend erwähnt, konnten WILLEMS et al. (2006) in einer prospektiven Studie anhand der plantaren Druckverteilung zeigen, dass zwischen Überpronation und Inzidenz von Überlastungserkrankungen der unteren Extremität (von den Autoren als exercise-related lower leg pain, ERLLP, bezeichnet) ein Zusammenhang besteht. Bei nahezu identischer Fragestellung und Verwendung derselben Methode soll im folgenden Abschnitt auf die Studie von WILLEMS et al. (2006) näher eingegangen werden. Es muss einleitend jedoch hervorgehoben werden, dass ERLLP eine Zusammenfassung

verschiedenster Erkrankungen der unteren Extremität darstellt, die von den Autoren nicht genau definiert wird.

Die Autoren rekrutierten für ihre Untersuchung 400 Sportstudenten, die zum Zeitpunkt des Studienbeginns ohne Verletzungen oder vorangegangene Operationen sowie seit mindestens sechs Monaten ohne Schmerzen im Bereich der unteren Extremität waren. Zum Zeitpunkt des Studienbeginns wurden alle 400 Probanden einer Eingangsuntersuchung unterzogen, in diesem Rahmen erfolgte die erste plantare Druckverteilungsmessung. Anhand wöchentlicher klinischer Kontrollen wurde erfasst, ob ein Proband im Verlauf eine Überlastungserkrankung (ERLLP) entwickelte. Nach Abschluss der Studie wurden die plantaren Druckverteilungen zwischen erkrankten und gesund gebliebenen Probanden verglichen. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Kleinere Maximaldruckwerte und Impulse in der lateralen Vorfußmaske um MFK 5 (M5) bei ERLLP
- Verzögerter Kontaktbeginn in der lateralen Rückfußmaske (HL) und der lateralen Vorfußmaske um MFK 5 (M5), späteres Kontaktende in der Vorfußmaske um MFK 2 (M2) bei ERLLP
- Mehr Druck medialseitig im medio-lateralen-Druckverhältnis zu den Zeitpunkten „plane Vorfußauflage“ (forefoot flat, FFF) und „Fersenabdruck“ (heel off, HO)
- COP-Verlauf: X-Koordinate des COP verläuft zum Zeitpunkt „plane Vorfußauflage“ (FFF) medialer und zum Zeitpunkt „letzter Fußkontakt“ (last foot contact, LFC) lateraler bei ERLLP

Die exakten Werte sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 14: Ausgewählte Ergebnisse der Studie von WILLEMS et al., 2006

	Gesund	ERLLP	P-Wert
Maximaldruck M5 [N/cm ²]	34,86 +/- 18,85	26,88 +/- 13,19	0,002
Impuls M5 [N*s/cm ²]	3,14 +/- 1,82	2,41 +/- 1,34	0,006
Kontaktbeginn HL [%]	0,00 +/- 0,04	0,04 +/- 0,13	0,011
Kontaktbeginn M5 [%]	9,12 +/- 5,87	11,34 +/- 10,43	0,006
Kontaktende M2 [%]	93,76 +/- 3,82	95,38 +/- 3,54	0,016
Medio-laterales Druckverhältnis FFF	-10,30 +/- 24,10	1,54 +/- 29,04	0,003
Medio-laterales Druckverhältnis HO	14,12 +/- 18,56	20,16 +/- 18,28	0,049
COP: X-Komponente bei FFF [%]	-7,98 +/- 6,91	-5,49 +/- 4,66	0,039
COP: X-Komponente bei LFC [%]	10,30 +/- 8,77	3,23 +/- 8,59	<0,001

Die Pronationsbewegung wird von WILLEMS et al. über das medio-laterale Druckverhältnis sowie die X-Komponente des Druckschwerpunktverlaufs (COP) definiert. Das medio-laterale Druckverhältnis errechnet sich hierbei über die Summe der medialen Masken (Ferse medial, MFK 1, MFK 2) abzüglich der Summe der lateralen Masken (Ferse lateral, MFK 4, MFK 5) im Verhältnis zu allen Masken. Unklar bleibt nach den Ausführungen der Autoren, welche Messgröße hier zur Berechnung herangezogen wurde. Am wahrscheinlichsten ist jedoch die Annahme, dass es sich um Druck-Zeit-Integrale handelt. Für beide Messgrößen ist anzumerken, dass auch bei WILLEMS et al. große Streuungen innerhalb der Gruppen vorliegen, dies gilt insbesondere für das errechnete medio-laterale Druckverhältnis. Im Unterschied zu den Messgrößen der vorliegenden Studie wird hier der zeitliche Verlauf des Abrollvorgangs mit einbezogen. Die Messgrößen der vorliegenden Studie werden dagegen auf den Status einer völlig planen Fußauflage im Abrollvorgang berechnet, den es nach Ansicht von WILLEMS et al. so nicht gibt (DeCOCK et al., 2005). Die Autoren teilen die Standphase in vier Abschnitte ein, deren Beginn und Ende die Messzeitpunkte markieren. Sowohl das medio-laterale Druckverhältnis als auch der COP-Verlauf können so im zeitlichen Verlauf dargestellt werden. Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Studien besteht in der Maskeneinteilung: Bei WILLEMS et al. existieren keine eigenständigen Masken im Mittelfußbereich, dagegen definieren die Autoren die Großzehregion als Maske (Toe 1). Der Vorteil der Maskeneinteilung von WILLEMS et al. besteht

darin, dass es keine Masken gibt, auf die a priori nur sehr wenig Last verteilt wird. Andererseits dürfte es durch die zeitliche Aufteilung der Standphase auch Phasen geben, in denen in einzelnen Masken nur wenig Last vorhanden ist. Folglich dürfte auch hier das Problem der schlechteren Reproduzierbarkeit bei weniger belasteten Regionen zum Tragen kommen. Abschließend soll auf die umstrittene Reproduzierbarkeit des COP-Verlaufsdaten hingewiesen werden. ROSENBAUM (2004) zeigte, dass das Integral des Druckschwerpunkts zwischen einzelnen Versuchen eines Probanden über den gesamten Abrollvorgang bis zu 48,6 % variiert. Dagegen berichteten DeCOCK et al. (2007) von guten Reproduzierbarkeitsdaten für den Verlauf des Druckschwerpunktes.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die vorliegende Untersuchung Hinweise gibt, dass in der AS-Gruppe eine Medialisierung des Abrollvorganges vorliegt. Aufgrund der genannten Einschränkungen sowie der kleinen Probandenzahl muss dieses Ergebnis jedoch mit Vorsicht interpretiert werden. Offen bleibt, ob die Methode der plantaren Druckverteilungsmessung geeignet ist, um eine vermehrte Pronationsbewegung zu erfassen und welche Messgrößen zur Charakterisierung zielführend sein können. Ebenso bleibt offen, wie die Maskeneinteilung diesbezüglich am besten zu wählen ist. Hier ist weitere Grundlagenforschung nötig. Mit Rücksichtnahme auf die Studien von DeCOCK et al. (2005) und WILLEMS et al. (2006) erscheint es jedoch sinnvoll, sämtliche Messgrößen im zeitlichen Verlauf zu betrachten.

Da es sich bei der vorliegenden Untersuchung um eine Querschnittsstudie handelt, kann sie nur eingeschränkt Antworten auf die Fragen zur Ätiopathogenese der Achillessehnentendinitis geben. Insbesondere die Frage, wie das Vorhandensein von Symptomen die plantare Druckverteilung beeinflusst, ist hier limitierend. Es sind prospektive Studien nötig, um den intraindividuellen Verlauf der plantaren Druckverteilung über einen längeren Beobachtungszeitraum (Jahre) zu beurteilen. Dies wäre auch für die Einschätzung des Stellenwerts der Methode in der Diagnostik der Achillessehnentendinitis von zentraler Bedeutung.

Ein weiterer rechnerisch signifikanter Unterschied ($p=0,045$) zeigte der Vergleich des Kraft-Zeit-Integrals über den Mittelfußmasken (FTI MF) zwischen den beiden Gruppen AS und KO (Mediane bei 5,6% bzw. 2,1%). Ausgeglichen wird diese Differenz vorwiegend im Vorfußbereich, hier liegt die KO-Gruppe mit 78% deutlich über der AS-Gruppe (73,7%). Dieses Ergebnis wurde nicht erwartet, es stellt sich die Frage nach der Ursache und Interpretation. Wie kann es also zu einer Änderung der Lastverteilung im Mittel- oder Vorfußbereich kommen? Hier sind zunächst Unterschiede in der Höhe des Längsgewölbes zu nennen. Mehrere Untersuchungen konnten zeigen, dass ein erhöhtes Längsgewölbe mit einer Lastvermehrung im Vorfuß- und einer Lastverminderung im Mittelfußbereich einhergeht (SNYERS et al., 1995; BURNS, 2005; MENZ und MORRIS, 2006). Für die vorliegende Studie könnte dies bedeuten, dass in der AS-Gruppe mehr Probanden mit einem niedrigen Längsgewölbe und/oder in der KO-Gruppe mehr Probanden mit einem erhöhten Längsgewölbe in der Dynamik vorhanden sind. Da - wie bereits erwähnt - die Höhe des Längsgewölbes in den Ein- bzw. Ausschlusskriterien nicht beachtet wurde, kann hier eine Verzerrung vorliegen. Denkbar ist jedoch auch, dass die Achillessehnentendinitis tatsächlich mit einem erniedrigten Längsgewölbe vergesellschaftet ist. In der Literatur lassen sich dazu jedoch keine Angaben finden. Eine weitere Überlegung ist, dass eine symptomatische Achillessehnentendinitis Einfluss auf die Plantarflexion des Fußes nimmt. Die klinische Erfahrung zeigt, dass eine Entzündung der Achillessehne zu einer verminderten Beweglichkeit derselben mit schmerzhaft eingeschränkter Plantarflexion des Fußes führt. (GEYER, 2005). Unter Berücksichtigung einer Studie von BERTSCH et al. (2001), die bei Plantarflexion höhere Spitzendrücke im Vorfußbereich zeigen konnten, könnte hier ein Zusammenhang zwischen verminderter Plantarflexionsfähigkeit und Last im Vorfußbereich in der AS-Gruppe bestehen. Einschränkend muss jedoch gesagt werden, dass BERTSCH et al. (2001) statische plantare Druckverteilungsmessungen in verschiedenen Gelenksstellungen des oberen Sprunggelenks durchgeführt haben und somit keine direkte Konsequenzen für dynamische Messungen an Achillessehnentendinitispatienten gezogen werden können. Die Ursache der

Unterschiede im Mittel- und Vorfußbereich zwischen den beiden Gruppen lässt sich im Rahmen dieser Studie nicht abschließend klären. Um die genannten möglichen Ursachen zu erörtern, sind weitere Studien nötig.

Die vorliegende Untersuchung zeigt große interindividuelle Unterschiede für alle Messgrößen in beiden Gruppen. Dieses Ergebnis deckt sich den Ergebnissen anderer Studien, die mit der Methode der plantaren Druckverteilung gearbeitet haben (vergleiche MAIWALD et al., 2005; KRAUSS, 2006; WILLEMS et al., 2006; HAHN et al., 2008). Wie in Kapitel 1.1.1 bereits dargestellt, sind die Einflussfaktoren auf die plantare Druckverteilung Gegenstand der aktuellen Forschung. Diskutiert wird zum Beispiel die Ganggeschwindigkeit: BURNFIELD et al. (2004) kommen in ihrer Studie an älteren Menschen zu dem Ergebnis, dass höhere Geschwindigkeiten zu höheren Druckwerten im Fersenbereich führen. MAIWALD et al. (2005) stellten jedoch fest, dass trotz geschwindigkeitsabhängiger Absolutwerte die Geschwindigkeit keinen Einfluss auf die intra- oder interindividuelle Vergleichbarkeit zwischen Patienten mit Patellaspitzensyndrom und gesunden Personen hat. Weiter wurden Einflüsse von Fußdeformitäten, hier insbesondere Hohl- und Plattfuß sowie Hallux valgus, untersucht. Erwartungsgemäß konnten hier höhere Lasten im Vor- und Rückfußbereich (Hohlfuß) bzw. im Mittelfußbereich (Plattfuß) sowie unter dem Großzehengrundgelenk (Hallux valgus) festgestellt werden (SNYERS et al., 1995; WALDECKER, 2002; BURNS, 2005; MENZ und MORRIS, 2006). Noch unzureichend verstanden sind dagegen die Einflüsse von Achsfehlstellungen und Instabilität in den Fußgelenken auf die plantare Druckverteilung (NAWATA et al., 2005; SNYERS et al., 2005; MORAG and CAVANAGH, 2007). In der vorliegenden Studie können für die interindividuellen Unterschiede mit Einschränkungen die frei gewählte Geschwindigkeit und eine unzureichende Homogenisierung der Gruppen hinsichtlich vorhandener Fußdeformitäten verantwortlich sein. Unter Einbeziehung der Ergebnisse anderer Studien (MAIWALD et al., 2005; KRAUSS, 2006; WILLEMS et al., 2006; HAHN et al., 2008) bieten diese Faktoren jedoch keine hinreichende Erklärung. Naheliegender scheint, dass die plantare Druckverteilung in hohem Maße individualspezifisch ist. Zukünftige Studien an großen Kollektiven können hier

weiterhelfen. Interessante Fragen sind weiterhin, wie sich die plantaren Druckverteilungen beider Füße von Probanden zu einander verhalten und wie sich das plantare Druckverteilungsmuster eines Probanden über einen längeren Beobachtungszeitraum entwickelt. Studien, die sich mit den Gründen der interindividuellen Unterschiede beschäftigen und somit Antworten auf die Frage der Ursache geben können, wären von großer Bedeutung für das Verständnis von Messergebnissen sowie für Fragen der Indikationsstellung für die plantare Druckverteilung.

Zusammenfassend kann die vorliegende Untersuchung Hinweise für eine Medialisierung des Abrollvorganges bei Patienten mit Achillessehnentendinitis im Vergleich zu gesunden Probanden geben. Aufgrund der diskutierten Einschränkungen und der kleinen Fallzahl haben diese jedoch keinen beweisenden Charakter. Weiterhin bleibt offen, ob eine Medialisierung des Abrollvorganges auf eine vermehrte Pronation zurückgeführt werden kann. Besonders unter Berücksichtigung der Ausführungen von MAIWALD et al. (2007) sollte diese Annahme überprüft werden. Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der Lastverteilung auf Mittel- und Vorfuß können mit der vorliegenden Studie nicht erklärt werden, hier ist weitere Forschung nötig. Es wird deutlich, dass die Methode der plantaren Druckverteilungsmessung insbesondere hinsichtlich der praktischen Bedeutung noch unzureichend verstanden ist. Die plantare Druckverteilung scheint in hohem Maße individualspezifisch zu sein. Somit erscheint die Frage nach intrinsischen und extrinsischen Einflussfaktoren auf die individuelle plantare Druckverteilung von zentraler Bedeutung, um Messergebnisse einordnen und vergleichen zu können. Die klinische Anwendung der Methode in der Diagnostik und Therapie der Achillessehnentendinitis kann unter Berücksichtigung der Ergebnisse der vorliegenden Studie sowie der vorangegangenen Diskussion aktuell nicht empfohlen werden.

4.2 Diskussion Wirksamkeit der Einlagen

4.2.1 Methodenkritik SF-36

Der „Fragebogen zum allgemeinen Gesundheitszustand – SF-36“ ist das am weitesten verbreitete Messinstrument zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, die Testgütekriterien sind in hohem Maße erfüllt (GARRATT et al., 2002). Bei der Interpretation von Messwerten, die über die Auswertung des SF-36 gewonnen werden, sollte jedoch stets beachtet werden, dass die gesundheitsbezogene Lebensqualität keine Messgröße im naturwissenschaftlichen Sinne darstellt. Sie stellt vielmehr ein mehrdimensionales Konstrukt dar, das über die Verwendung von Indikatoren indirekt erfasst und berechnet wird.

Für viele Erkrankungen liegen Untersuchungen zur krankheitsbezogenen Validität und Reliabilität vor und es existieren Referenzpopulationen, die eine Einordnung der Ergebnisse ermöglicht. Für Patienten mit Achillessehnentendinitis liegen keine spezifischen Untersuchungen bezüglich der Testgütekriterien vor, auch existiert für diese Erkrankung oder allgemein für Überlastungserkrankungen der unteren Extremität keine Referenzpopulation.

Ein zentrales Anliegen für die Interpretation der Ergebnisse einer Outcome-Studie ist die Frage nach der klinischen Relevanz. BULLINGER und KIRCHBERGER (1998) geben in der Handanweisung Fallzahlschätzungen an, die auf Berechnungen von COHEN (1998) anhand der amerikanischen Normstichprobe beruhen. Es existieren Fallzahlschätzungen für verschiedene Studiendesigns, anhand der entsprechenden Tabellen lässt sich abschätzen, welche Punktedifferenz für welche Fallzahl als „relevant“ eingestuft werden kann. Interessant ist hierbei, dass die Fallzahlschätzungen für die einzelnen Skalen innerhalb desselben Studiendesigns erheblich differieren. Die Relevanz ist folglich abhängig von der Skala und der Fallzahl, doch bleibt die Frage nach der klinischen Relevanz weiterhin ungeklärt. Ein nützliches Hilfsmittel bei der Interpretation kann hier die Effektgröße ε sein, die eine sensible Größe für die Veränderung des Gesundheitszustands darstellt (KAZIS et al., 1989). Eine konkrete Antwort auf eine notwendige Punktedifferenz zum Nachweis der

Wirksamkeit einer spezifischen Intervention bei einer spezifischen Erkrankung anhand des SF-36 kann jedoch auch die Effektgröße nicht geben.

Bei der Datenerhebung an Messtag 1 anhand des SF-36 können äußere Einflüsse als gering angesehen werden, die Patienten haben den Fragebogen eigenständig von Hand ausgefüllt. Bei Rückfragen stand ihnen der Untersucher, der den Patienten im Rahmen der Ganganalyse in der Abteilung Sportmedizin der Universität Tübingen betreute, zur Verfügung. Die äußeren Einflüsse an Messtag 2 können schlecht abgeschätzt werden, da der SF-36 per Post verschickt und dann von den Patienten ausgefüllt wurde.

4.2.2 Diskussion der Ergebnisse (Wirksamkeit der Einlagen)

Zunächst soll die Wirksamkeit einer 3-monatigen Therapie mit orthopädischen Einlagen bei Patienten mit Achillessehnentendinitis anhand der Ergebnisse des SF-36 diskutiert werden. Gemessen wurden, wie bereits erläutert, Aspekte des Konzeptes „physische Gesundheit“ in der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, welche im SF-36 als Skalen bezeichnet werden. Namentlich sind dies die Skalen Allgemeine Gesundheit (AGES), Körperliche Funktionsfähigkeit (KÖFU), Körperliche Rollenfunktion (ROFU) und Schmerz (SCHM).

Betrachtet man die Mediane an Messtag 1 (M1) und Messtag 2 (M2) der einzelnen Skalen, zeigt sich bei KÖFU und SCHM eine Verbesserung und bei KÖRO und AGES ein unverändertes Ergebnis. Vor dem Hintergrund der Beschreibungen der Skalen KÖFU und SCHM, wird deutlich, dass die klassischen Symptome der Achillessehnentendinitis hier am besten repräsentiert sein dürften. Eine Verbesserung in eben diesen Skalen lässt somit auf einen positiven Effekt durch die Intervention mit orthopädischen Einlagen schließen. Die Frage nach der Wirksamkeit ist damit jedoch nicht beantwortet, es bedarf einer genaueren Betrachtung hinsichtlich der Relevanz des gemessenen Effektes. Die Fallzahlschätzungen in der Handanweisung zum SF-36 (BULLINGER und KIRCHBERGER, 1998) zeigen, dass eine Veränderung von 5 Punkten in der Skala KÖFU dann als klinisch relevant eingestuft werden kann, wenn die Stichprobengröße mindestens 137 Probanden umfasst. In der

Skala SCHM sind mindestens 883 Probanden nötig, um eine Veränderung von 2 Punkten als klinisch relevant zu erachten. Somit können beide Ergebnisse nicht den als beweisend für die Wirksamkeit von orthopädischen Einlagen bei Achillessehnentendinitis betrachtet werden. Die Berechnung der Effektgröße ε , die für den Nachweis eines klinischen Effektes hilfreich ist, ergibt nach COHEN (1977) einen kleinen Effekt in der Skala KÖFU ($\varepsilon = 0,34$), jedoch einen mehr als moderaten Effekt bei SCHM ($\varepsilon = 0,65$). Eine genauere Analyse der Skala SCHM zeigt, dass es bei sieben von neun Patienten zu einer Besserung körperlicher Schmerzen kam. Der Mittelwertvergleich eine Verbesserung um mehr als 11%, was auch das Ergebnis bei der Effektgröße, die über das arithmetische Mittel errechnet wird, erklärt. Der Median mit einer Verbesserung von 2 Punkten von M1 nach M2 scheint hier dem tatsächlichen Ergebnis nicht gerecht zu werden. Unter Berücksichtigung der Beschreibung der Skala KÖRO würde man auch hier einen Effekt durch die Therapie mit orthopädischen Einlagen vermuten. Ein Blick auf die Ausgangslage an Messtag 1 zeigt jedoch, dass bei einem Ausgangsmedian von 100 Punkten keine Verbesserung möglich ist. Es handelt sich hier um den sogenannten Deckenbildungseffekt (KIEBZAK et al., 2000). Die Berechnung der Effektgröße zeigt jedoch auch, dass eine - wenn auch kleine - Verbesserung von M1 nach M2 vorhanden ist ($\varepsilon = 0,22$). Anders bei der Skala AGES, hier gibt weder der Vergleich der Mediane noch die Berechnung der Effektgröße einen Hinweis darauf, dass die Intervention einen Einfluss auf den Bereich „allgemeine Gesundheit“ hat. Bei der Betrachtung der einzelnen Probanden zeigt sich jedoch, dass nur zwei Probanden tatsächlich unveränderte Punktzahlen an M1 und M2 aufweisen. Bei den restlichen Probanden gleichen sich Verbesserungen und Verschlechterungen von M1 nach M2 aus. Hier soll erneut auf die Beschreibung der Skala AGES hingewiesen werden: Ausdrücklich wird hier auch der aktuelle Gesundheitszustand berücksichtigt, so dass in der Skala AGES ein besonders änderungssensitives Moment vermutet werden kann, das sich in der vorliegenden Stichprobe jedoch auszugleichen scheint. Abschließend soll auf ein weiteres grundlegendes Problem beim Nachweis eines klinisch relevanten Effektes in der vorliegenden Studie hingewiesen werden. Die Fallzahlschätzung

in der Handanweisung zum SF-36 machen deutlich, dass aufgrund der relativen hohen Ausgangswerte an M1 in den betrachteten Skalen ein klinisch relevanter Effekt nicht erzielt werden kann. Dafür müsste zum Beispiel bei einer Stichprobengröße von neun Probanden im Konzept AGES eine Differenz von mindestens 20 Punkten vorhanden sein, was bei einem Ausgangsmedian von 82 Punkten nicht möglich ist.

Die Einordnung der Messergebnisse im Vergleich zur deutschen Normstichprobe zeigt, dass es sich bei der Gruppe der Achillessehnenpatienten um eine Gruppe handelt, die bereits an Messtag 1 über der Normstichprobe liegt. Eine Ausnahme bildet hier lediglich die Skala Schmerz, in der die AS-Gruppe an M1 deutlich unter der Normstichprobe liegt. Dies lässt sich anhand der Symptome der Achillessehnentendinitis gut erklären. Das gute Abschneiden der Gruppe in den Skalen AGES, KÖFU und ROFU im Vergleich zur Normstichprobe könnte zum einen durch einen im Vergleich zur Normpopulation niedrigeren Altersschnitt erklärt sein, zum anderen auch durch eine Überrepräsentation von Sportlern. Eine krankheitsspezifische Referenzpopulation würde die Einschätzung der vorliegenden Gruppe hinsichtlich der Ausgangslage sowie des therapeutischen Effekts erleichtern.

Es schließt sich die Frage an, ob der SF-36 ein geeignetes Messinstrument zum Nachweis eines klinischen Effekts durch Therapie mit orthopädischen Einlagen bei Achillessehnentendinitis darstellt. Die vorliegende Stichprobengröße erscheint nach vorangegangenen Ausführungen zu klein zu sein, um einen klinisch messbaren Effekt nachweisen zu können. Doch findet sich in der Handanweisung zum SF-36 (BULLINGER und KIRCHBERGER, 1998) keine Einschränkungen in der Anwendung bei kleinen Fallzahlen. Weiterhin ist von großem Interesse, wie sensitiv das Messinstrument für das Krankheitsbild Achillessehnentendinitis bei einem sonst gesunden Probanden ist. Zahlreiche Untersuchungen zur krankheitsspezifischen Validität und Reliabilität sowie in jüngster Vergangenheit zunehmend auch zur krankheitsspezifischen Sensitivität in Forschungsfeldern, in denen der SF-36 häufig eingesetzt wird (z.B. Rheumatoide Arthritis oder Hüft- und Kniegelenksarthrose), legen nahe, dass diese Frage geklärt werden sollte,

bevor das Messinstrument zu Fragen von Effekten einer Therapieform herangezogen wird (NILSDOTTER et al., 2001; QUINTANA et al., 2005; SOOHOO et al., 2007). Es scheint auf den ersten Blick nachvollziehbar, dass sich das Tragen von orthopädischen Einlagen nur wenig auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität auswirkt. Hier sei auch auf NIGG et al. (1998) verwiesen, die zu dem Ergebnis kommen, dass eine individuelle Therapieantwort auf eine spezifische Maßnahme im schuhorthopädischen Bereich sehr unterschiedlich und deshalb schwer messbar sein kann. Eine neuere Studie von PETERSEN et al. (2007) weist jedoch unter anderem anhand des SF-36 nach, dass es durch Tragen einer Fersenkappe zu einer signifikanten Verbesserung bei Patienten mit chronischer Achillodynie kommt. Auch können MEIER et al. (2000) unter Verwendung des SF-36 bei Patienten mit Plantarfasziitis zeigen, dass ein konservativer Therapieansatz (niedrigenergetische extrakorporale Stoßwellen) zu einem klinisch relevanten Erfolg führt. In beiden Studie liegen jedoch die Ausgangsniveaus in den Skalen AGES, KÖFU, KÖRO und SCHM deutlich unter denen der vorliegenden Studie. Ein wichtiger Kritikpunkt in der Auswahl des SF-36 ist die fehlende Erfassung möglicher Begleittherapien sowie der Tragehäufigkeit, beides ist für die Beurteilung der Wirksamkeit der verwandten orthopädischen Einlagen von Bedeutung. Die vorliegenden Daten in dieser Untersuchung weisen darauf hin, dass sich die Patienten bezüglich dieser beiden Faktoren deutlich unterscheiden. Selbst im Falle eines nachgewiesenen klinischen Effektes könnte somit nur bedingt auf die Wirksamkeit geschlossen werden. Dieser Umstand legt nahe, dass die Tragehäufigkeit im Studiendesign explizit festgelegt werden sollte.

Abschließend soll diskutiert werden, ob bei gegebener Fragestellung die Wahl eines fußspezifischen Messinstruments zur Objektivierung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität wie dem Foot Function Index (FFI) oder dem Foot Health Status Questionnaire (FHSQ) sinnvoller gewesen wäre. Der FFI wurde ursprünglich entwickelt, um den Effekt von orthopädischen Einlagen auf Fußdeformitäten von Patienten mit Rheumatoider Arthritis objektivieren zu können. Der FHSQ hingegen wurde zur Bewertung des Therapieerfolges bei

Patienten mit verschiedensten Fußkrankungen entwickelt, die sich einer chirurgischen Therapie unterzogen. Beide Messinstrumente erfüllen hohe Testgütekriterien und wurden in mehreren Studien als geeignete Messinstrumente für verschiedenste Erkrankungen des Fußes und Sprunggelenkes empfohlen (BUDIMAN-MAK et al., 1991; BENNETT et al., 1998; SOOHOO et al., 2006; MARTIN und IRRGANG, 2007). LANDORF und KEENAN (2002) untersuchten in ihrer Studie, welches der beiden Messinstrumente geeigneter sei, um den Effekt einer Therapie der Plantarfasziitis mit orthopädischen Einlagen auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität zu messen. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass in dieser speziellen Fragestellung, die sich mit der Fragestellung der vorliegenden Studie deckt, der FHSQ dem FFI überlegen sei. Insofern wäre der Schluss naheliegend, dass auch in der vorliegenden Studie der FHSQ das geeignetste Messinstrument gewesen wäre. Leider liegt jedoch weder der FHSQ noch der FFI in einer offiziellen deutschen Übersetzung vor, so dass keines der beiden Messinstrumente beim vorliegenden Probandenkollektiv in Frage gekommen wäre. Weiter ist anzumerken, dass SOOHOO et al. (2006) die Validität des FFI für Patienten mit Fuß- und Sprunggelenkserkrankungen anhand korrelierender Ergebnisse zum gleichzeitig verwendeten SF-36 nachgewiesen haben. FERRARI (2007) weist zudem in seiner Studie nach, dass sich der Behandlungseffekt durch orthopädische Einlagen bei Schmerzen im Bereich der unteren Extremität gerade über die Skalen der physischen Gesundheit des SF-36 gut nachweisen lässt. Somit bleibt fraglich, ob die Verwendung eines fußspezifischen Messinstrumentes für die gesundheitsbezogene Lebensqualität den Nachweis eines klinisch relevanten Effektes in der vorliegenden Studie erbracht hätte.

Die Analyse der verordneten orthopädischen Einlagen zeigt, dass bis auf eine Ausnahme bei allen Patienten die gleichen Funktionselemente verordnet wurden. Unter Berücksichtigung der unter Kapitel 4.1.2 diskutierten Ergebnisse der plantaren Druckverteilung bei Patienten mit Achillessehnentendinitis, die große interindividuelle Unterschiede gezeigt haben, ist dies überraschend. Eine mögliche Erklärung ist, dass andere Teile der Ganganalyse (videogestützte

Laufbandanalyse, Betrachtung des getragenen Schuhs) ein homogen verändertes Laufverhalten bei Achillessehnentendinitispatienten zeigen und der Untersucher so den divergenten Ergebnissen der plantaren Druckmessung wenig Bedeutung zumisst. Andererseits könnte auch ein Beobachtungsfehler vorliegen, da die Auswertung der Druckmatrizes lediglich visuell erfolgt. In jedem Falle weckt die Analyse Zweifel am Nutzen der plantaren Druckmessung für die Verordnung von orthopädischen Einlagen. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse, die auf einen positiven Einfluss von orthopädischen Einlagen auf die Bereiche SCHM, KÖFU und ROFU im SF-36 nach dreimonatiger Therapie hinweisen, stellt sich bei der homogenen Einlagenversorgung der neun Patienten die Frage nach der Wirkungsweise. So konnten LANDORF et al. (2006) in ihrer Studie zur Effektivität von verschiedenen Einlagen keinen wesentlichen Unterschied zwischen industriefertigten Einlagen, Weichschaumeinlagen und individuell angepassten Einlagen nach 3-monatiger und 6-monatiger Therapie nachweisen. Hier liegt der Schluss nahe, dass die Auswahl der Funktionselemente für den Therapieerfolg nur von untergeordneter Wichtigkeit ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich unter Verwendung des SF-36 keine klinisch relevanten Effekte in der Therapie der Achillessehnentendinitis mit orthopädischen Einlagen zeigen lassen. In den Skalen SCHM und KÖFU lassen sich jedoch Verbesserungen zeigen, die Hinweise darauf geben, dass durch die Anwendung orthopädischer Einlagen eine Wirkung im positiven Sinne erzielt wird. Aufgrund der kleinen Fallzahl ist die Aussagekraft der Ergebnisse jedoch stark limitiert. Methodische Probleme werfen die Frage auf, ob der SF-36 ein geeignetes Messinstrument für die vorliegende Fragestellung und Stichprobengröße darstellt. Es lassen sich keine objektiven Gründe finden, die hier gegen die Anwendung des SF-36 sprechen. Doch wirken sich das Fehlen einer Referenzstichprobe und der fehlende Nachweis der krankheitsspezifischen Sensitivität bei Achillessehnentendinitis negativ auf die Interpretationsmöglichkeiten aus. Die homogene Einlagenversorgung des Patientenkollektivs weist darauf hin, dass die Ergebnisse der plantaren Druckmessung für die Auswahl der Funktionselemente nur von eingeschränkter

Bedeutung sind. Dies lässt am Nutzen der Methode für die Verordnung von Einlagen zweifeln und wirft unter Berücksichtigung der Ergebnisse Fragen hinsichtlich der Wirkungsweise der einzelnen Funktionselemente auf.

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

An achtzehn Patienten mit Achillessehnentendinitis und einer ebenso großen Kontrollgruppe mit gesunden Probanden soll untersucht werden, ob sich die beiden Gruppen anhand der plantaren Druckverteilungsmessung systematisch unterscheiden lassen. Aufgrund zahlreicher Studien sowie eigenen klinischen Erfahrungen werden Unterschiede in den Messgrößen erwartet, die eine Medialisierung des Abrollvorganges charakterisieren (mediale Mittelfußmaske M4, FTI medial). Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass diese in Zusammenhang mit einer vermehrten Pronation steht, was in jüngerer Vergangenheit von einigen Autoren propagiert wurde. In M4 zeigt sich eine signifikant höhere Last in der AS-Gruppe, ebenso ist die belastete Fläche größer als in der gesunden Kontrollgruppe. Dieses Ergebnis gibt Hinweise darauf, dass in der AS-Gruppe eine Medialisierung des Abrollvorganges vorliegen könnte. Aufgrund der schlechteren Reproduzierbarkeit in wenig belasteten Fußregionen ergeben sich Einschränkungen für die Interpretation der Ergebnisse. Auch lässt sich in FTI medial kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachweisen. Dies ist auf einen weiteren auffälligen Unterschied zwischen den beiden Gruppen zurückzuführen: die KO-Gruppe bringt mehr Last im Vorfußbereich auf als die AS-Gruppe. Dieses Ergebnis kann durch die vorliegende Studie nicht schlüssig erklärt werden und unter Berücksichtigung der Ein- und Ausschlusskriterien auch auf einer Verzerrung beruhen. Auffällig sind weiterhin die großen interindividuellen Streuungen innerhalb beider Gruppen in allen Messgrößen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studien, die Ursachen können mit Rücksichtnahme auf den gegenwärtigen Stand der Forschung nicht hinreichend erklärt werden. Die vorliegende Studie gibt somit bedingt Hinweise für systematische Unterschiede zwischen Patienten mit Achillessehnentendinitis und gesunden Probanden, die die Medialisierung des Abrollvorganges betreffen. Ob diese Rückschlüsse auf eine vermehrte Pronation bei Achillessehnentendinitis zulassen, bleibt offen. Zur Klärung sind weitere Studien nötig, die sich mit der Frage

auseinandersetzen, ob und wie sich eine vermehrte Pronation anhand der plantaren Druckverteilung erfassen lässt. Dringlicher erscheinen jedoch Untersuchungen, welche die Frage nach der Ursache für die großen interindividuellen Streuungen in der plantaren Druckverteilung erörtern können. Hier scheinen intrinsische und extrinsische Einflussfaktoren auf die plantare Druckverteilung sowie die Frage der Altersabhängigkeit von zentralem Interesse. Eine klinische Anwendung der Methode zur Diagnose der Achillessehnentendinitis kann unter diesen Voraussetzungen aktuell nicht empfohlen werden.

In einem prospektiven Ansatz an neun Patienten soll anhand des SF-36 „Fragebogen zum Gesundheitszustand“ erörtert werden, ob die im Haus verordneten orthopädischen Einlagen in der Therapie der Achillessehnentendinitis wirksam sind. Es zeigen sich Verbesserungen beim Vergleich der Mediane an Messtag 1 und 2 in den Skalen Schmerz und Körperliche Funktionsfähigkeit. Dies bestätigt auch die Berechnung der jeweiligen Effektgrößen. Unter Berücksichtigung der kleinen Stichprobe können die vorliegenden Effekte nicht als klinisch relevant eingestuft werden. Ein abschließende Beurteilung ist jedoch aufgrund der kleinen Fallzahl nicht möglich. Mit Einschränkungen, die sich aus dem Fehlen einer Referenzstichprobe, dem fehlende Nachweis der krankheitsspezifischen Sensitivität sowie fehlender Erfassung möglicher Begleittherapien ergeben, kann der SF-36 unter Berücksichtigung der aktuellen Literatur als geeignetes Messinstrument für die Fragestellung angesehen werden.

6 Abkürzungen und Glossar

Abkürzungsverzeichnis

AGES	Allgemeine Gesundheit (Skala im SF-36)
AS	Achillessehnentendinitisgruppe (plantare Druckverteilung)
AS-Patienten	Patienten mit Achillessehnentendinitis (SF-36)
COP	Druckschwerpunkt (Center-Of-Pressure)
ERLLP	Überlastungssyndrom der unteren Extremität (Exercise related lower leg pain)
FF	Vorfuß (Fore Foot)
FFI	Foot Function Index
FHSQ	Foot Health Status Questionnaire
FTI	Kraft-Zeit-Integral (Force-Time-Integral)
Fmax	Maximale Kraft
FW	Fußbreite (Foot Width)
ICC	Intraklassenkorrelation
KO	Kontrollgruppe (plantare Druckverteilung)
KÖFU	Körperliche Funktionsfähigkeit (Skala im SF-36)
MF	Mittelfuß (Middle Foot)
MFK	Mittelfußköpfchen
NSAR	Nicht-steroidale Antirheumatika
RF	Rückfuß (Rear Foot)
ROFU	Körperliche Rollenfunktion (Skala im SF-36)
ROP	Abrollvorgang (Roll-Over-Process)
SCHM	Körperlicher Schmerz (Skala im SF-36)
SF-36	Short Form 36 Health Survey (SF 36 Fragebogen zum Gesundheitszustand)
t Fmax	Zeitliches Auftreten einer maximalen Kraft
WHO	Weltgesundheitsorganisation (World Health Organisation)
VK	Variationskoeffizient

Glossar

Bone Pins.....

Kinematische Messungen mittels Markersensoren, die am

Knochen fixiert sind.

Calcitonin Hormon für den Calciumhaushalt, das von der Schilddrüse produziert wird.

Impactkraft Bodenreaktionskraft

Item Bezeichnung für eine Einzelfrage im SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand

Krepitation Knisterndes Geräusch hervorgerufen durch Aneinanderreiben zweier frakturierter Knochenfragmente oder Reiben entzündlich veränderter Sehnen im Peritendineum.

Morton'sche

Schmerzhaftes Engpasssyndrom der Plantarnerven im

Neuralgie Verlauf der 3. und 4. Zehe (syn. Morton'sche Metatarsalgie)

NSAR Nicht-steroidale Antirheumatika. Derivate organischer Säuren, die bevorzugt antiphlogistisch wirksam sind, da eine Anreicherung in saurem Entzündungsgewebe stattfindet.

Shin Splints Synonym für die Periostitis tibiae

Skala

Bezeichnung für einen Themenbereich im SF-36

Fragebogen zum Gesundheitszustand

Substanz P Neurotransmitter bei Nozizeptoren und schmerzleitenden C-Fasern, der auch bei Entzündungsreaktionen eine Rolle spielt (bewirkt eine Chemotaxis).

7 Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1: Einteilung des Fußes in 8 Masken.....	20
Abbildung 2: Schritte in der Auswertung des SF-36	30
Abbildung 3: M4 FTI für die Gruppen AS und KO	35
Abbildung 4: M4 rel Contact Area für die Gruppen AS und KO.....	35
Abbildung 5: FTI medial für die Gruppen AS und KO.....	36
Abbildung 6: FTI Mittelfuß für die Gruppen AS und KO.....	37
Abbildung 7: FTI Vorfuß für die Gruppen AS und KO.....	37
Abbildung 8: Mediane für AGES, KÖFU, ROFU und SCHM an M1und M2	41
Abbildung 9: z-Werte für AS an M1 und M2 und für die Normstichprobe	42
Abbildung 10: Effektgröße	43
Abbildung 11: Skalenwerte KÖFU an M1 und M2 für die AS-Gruppe	44
Abbildung 12: Skalenwerte SCHM an M1 und M2 für die AS-Gruppe.....	44
Tabelle 1: Untersuchungsstichprobe plantare Druckverteilung	17
Tabelle 2: Übersicht Messbedingungen plantare Druckverteilung.....	19
Tabelle 3: Untersuchungsstichprobe Wirksamkeit der Einlagen.....	22
Tabelle 4: Übersicht: Ablauf einer Ganganalyse	24
Tabelle 5: Skalen des SF-36	27
Tabelle 6: Skalen, Item- und Stufenzahl sowie Beschreibung der Skalen.....	28
Tabelle 7: Übersicht: Auswertung der plantaren Druckverteilungsmessung	32
Tabelle 8: Angewandte Skalen des SF-36	39
Tabelle 9: Übersicht: Auswertung der Skalen des SF-36	40
Tabelle 10: z-Werte	41
Tabelle 11: Begleittherapie AS-Gruppe (n=9); X=ja, 0=nein.	45
Tabelle 12: Tragehäufigkeit der Einlagen in der AS-Gruppe (N=9)	46

Tabelle 13: Funktionselemente und Art der Einlagen der Probanden (AS)..... 47

Tabelle 14: Ausgewählte Ergebnisse der Studie von WILLEMS et al., 2006 ... 55

8 Literaturverzeichnis

ALMENKINDERS, L.C. / TEMPLE, J.D.: Etiology, diagnosis and treatment of tendonitis: an analysis of literature. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1998; 26: 360-366.

ALFREDSON, H. / COOK, J.: A treatment algorithm for managing Achilles tendinopathy: new treatment options. *British Journal of Sports Medicine* 2007; 41: 211-216.

BAUR, H. / MAYER, F.: Wenn die Sohle schmerzt... *Orthopädieschuhtechnik* 2003; 5: 27-30.

BAUR, H. / JAHN, M. / MÜLLER, S. / HIRSCHMÜLLER, A. / MAYER, F.: Die Effektivität bei klassischen Überlastungsbeschwerden im Laufsport. *Orthopädieschuhtechnik Sonderheft* 2004; 41-46.

BENNETT, P.J. / PATTERSON, C. / WEARING, S. / BAGLIONI, T.: Development and validation of a questionnaire designed to measure foot-health status. *Journal of the American Podiatric Association* 1998; 88 (9): 419-428.

BERTSCH, C. / ROSENBAUM, D. / CLAES, L.: Intra-articular and plantar pressure distribution of the ankle joint complex in relation to foot position. *Der Unfallchirurg* 2001; 104: 426-433.

BIEDERT, R.: Symptoms in the area of the Achilles tendon. Etiology and therapeutic considerations. *Unfallchirurgie* 1991; 94 (10): 531-537.

BOSCH, K. / GERSS, J. / ROSENBAUM, D.: Preliminary normative values for foot loading parameters of the developing child. *Gait and Posture* 2007; 26 (2): 238-247.

BRANTHWAITE, H.R. / PAYTON, C.J. / CHOCKALINGAM, N.: The effect of simple insoles on three-dimensional foot motion during normal walking. *Clinical Biomechanics* 2004; 19: 972-977.

BRUCKNER, P.: Exercise-related lower leg pain: an overview. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2000; 32: 1-3.

- BRÜGGEMANN, G-P.: Einlagenversorgung beim Sport: Wissenschaftliche Evidenz und Wirkungsmechanismen von Einlagen. Orthopädieschuhtechnik Sonderheft 2004; 36-40.
- BUDIMAN-MAK, E. / CONRAD, K.J. / ROACH, K.E.: The Foot Function Index: a measure of foot pain and disability. Journal of Clinical Epidemiology 1991; 44 (6): 561-570.
- BULLINGER, M.: Gesundheitsbezogene Lebensqualität und subjektive Gesundheit. Überblick über den Stand der Forschung zu einem neuen Evaluationskriterium in der Medizin. Psychotherapie, Psychosomatik, Medizinische Psychologie 1997; 47: 76-91.
- BULLINGER, M. / ALONSO, J. / APOLONE, G. / LEPLEGE, A. / SULLIVAN, M. / WOOD-DAUPHINEE, S. / GANDEK, B. / WAGNER, A.K. / AARONSON, N.K. / BECH, P. / FUKUHARA, S. / KAASA, S. / WARE, J.E.: Translating health status questionnaires and evaluating their quality: The IQOLA project approach. Journal of Clinical Epidemiology 1998; 51: 913-923.
- BULLINGER, M.: Methodological basis and aspects of quality of life. Deutsche Medizinische Wochenzeitschrift 2006; 12 (131): 5-7.
- BURNS, J. / CROSBIE, J. / HUNT, A. / OUVRIER, R.: The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. Clinical Biomechanics 2005; 20 (9): 877-882.
- BUS, S.A. / ULBRECHT, J.S. / CAVANAGH, P.R.: Pressure relief and load distribution by custom-made insoles in diabetic patients with neuropathy and foot deformities. Clinical Biomechanics 2004; 19: 629-638.
- BUTLER, R.J. / MCCLAY DAVIS, I. / LAUGGHTON, C.M. / HUGHES, M.: Dual-Function Foot Orthosis: Effect on Shock and Control of Rearfoot Motion. Foot and Ankle International 2003; 24 (5): 410 .
- CARL, H.D. / PUTZ, C. / WESELOH, G. / FORST, R. / SWOBODA, B.: Insoles for the rheumatic foot. A clinical pedobarographic analysis. Der Orthopäde 2006, 35 (11): 1176-1182.
- CAVANAGH, P.R. / MORAG, E. / BOULTON, A.J. / YOUNG, M.D. / DEFFNER, K.T. / PAMMER, S.E.: The relationship of static foot structure and dynamic foot function. Journal of Applied Biomechanics 1997; 30 (3): 243-250.
- CLARKE, T.E. / FREDERICK, E.C. / HAMILL, C.J.: The study of rearfoot movement in running. Erschienen in: Frederick, E. C. (Hrsg.), Sports Shoes and Playing Surfaces. Champaign: Human Kinetics 1984; 166-189.

- CLEMENT, D.B. / TAUNTON J.E. / SMART, G.W.: Achilles tendinitis and paratendinitis: Etiology and treatment. *American Journal of Sports Medicine* 1984; 12: 179-184.
- COHEN, J.: *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. New York Academic Press 1997, 8.
- COWAN, D.N. / JONES, B.H. / FRYKMAN, P.N. / POLLY, D.W. / HARMAN, E.A. / ROSENSTEIN, R.M. / ROSENSTEIN, M.T.: Lower limb morphology and risk for overuse injury among male infantry trainees. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1996; 28: 945-952.
- D'AMBROSIA, R.D.: Orthotic devices in running injuries. *Clinics in Sports Medicine*, 1985; 4 (4): 611-618.
- DeCOCK, A. / DeCLERCQ, D. / WILLEMS, T. / WITVROUW, E.: Temporal characteristics of foot rollover during barefoot jogging: reference data for young adults. *Gait and Posture* 2005; 21: 432-439.
- DeCOCK, A. / WILLEMS, T. / WITVROUW, E. / VANRENTERGHEM, J. / DeCLERCQ, D.: A functional foot type classification with cluster analysis based on plantar pressure distribution during jogging. *Gait and Posture* 2006, 23(3): 339-347.
- DeCOCK, A. / VANRENTERGHEM, J. / WILLEMS, T. / WITVROUW, E. / DeCLERCQ, D.: The trajectory of the center of pressure during barefoot running as a potential measure for foot function. *Gait and Posture*, 2007; Epub ahead of print.
- DiLIBERTO, F.E. / BAUMHAUER, J.F. / WILDING, G.E. / NAWOCZENSKI, D.A.: Alterations in plantar pressure with different walking boot designs. *Foot and Ankle International* 2007; 28(1): 55-60.
- DONATELLI, R. / HULBERT, C. / CONAWAY, D. / ST PIERRE, R.: Biomechanical Foot Orthotics: A Retrospective Study. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 1988; 10 (6): 205-212.
- FEMERY, V. / MORETTO, P. / RENAUT, H. / THEVENON, A. / LENSEL, G.: Measurement of plantar pressure distribution in hemiplegic children: changes to adaptive gait patterns in accordance with deficiency. *Clinical Biomechanics* 2002, 17 (5): 406-413.
- FERBER, R. / MCCLAY DAVIS, I. / WILLIAMS, D. S.: Effect of foot orthotics on rearfoot and tibia joint coupling patterns and variability. *Journal of Biomechanics* 2005; 38: 477-483.

- FERRARI, R.: Responsiveness of the SF-36 and owestry disability questionnaire in chronic nonspecific low back and lower limb pain treated with customized foot orthotics. *Journal of Manipulative Physiological Therapy* 2007; 30(6) 456-458.
- FINESTONE, A. / NOVACK, V. / FARFEL, A. / BERG, A. / AMIR, H. / MILGROM, C.: A Prospective Study of the Effect of Foot Orthoses Composition and Fabrication on Comfort and the Incidence of Overuse Injuries. *Foot and Ankle International* 2004; 25(7): 462-466.
- GARRATT, A. / SCHMIDT, L. / MACKINTOSH, A. / FITZPATRICK, R.: Quality of life measurement: bibliographic study of patient assessed health outcome measures. *British Medical Journal* 2002; 324 (7351): 1417.
- GEYER, M.: Achylloodynie. *Orthopäde* 2005; 34 (7): 677-681.
- GIACOMOZZI, C. / MARTELLI, F.: Peak pressure curve: an effective parameter for early detection of foot functional impairments in diabetic patients. *Gait and Posture* 2006; 23(4): 464-470.
- GRAF, P.M.: The EMED System of foot pressure analysis. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery* 1993; 10 (3): 445-454.
- GRAU, S. / MAYER, F. / KRAUSS, I. / BECK, M. / BÄURLE, W.: New parameters for quantifying the roll-over process of the foot in running. *International Journal of Sports Medicine* 1999; 20: 102.
- GRAU, S. / MÜLLER, O. / BÄURLE, W. / BECK, M. / KRAUSS, I. / MAIWALD, C. / BAUR, H. / MAYER, F.: Grenzen und Möglichkeiten der 2D-Videoanalyse in der Bewertung physiologischer und pathologischer Abrollvorgänge des Fußes bei Läufern. *Sportverletzung und Sportschaden* 2000; 14: 107-114.
- GRAU, S. / BÄURLE, W. / BAUR, H. / HIRSCHMÜLLER, A. / GOLLHOFER, A. / DICKHUTH, H.-H. / MAYER, F.: Use of pedography for evaluation of running specific complaints barefoot and shoed. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2001; 33: 236.
- GRAU, S. / BAUR, H. / HORSTMANN, T.: Pronation in der Sportschuhforschung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 2003; 54: 17-24.
- GRAU, S. / KRAUSS, I. / MAIWALD, C. / MAUCH, M. / HORSTMANN, T.: Einlagenversorgung im Sport – am Beispiel der Achillessehnenansatzentzündung. *Orthopädieschuhtechnik Sonderheft* 2004; 36-40.

- GROSS, M.L. / DAVLIN, L.B. / EVANSKI, P.M.: Effectiveness of Orthotic Shoe Inserts in the Long Distance Runner. *The American Journal of Sports Medicine* 1991; 19 (4): 409-412.
- GULDEMOND, N.A. / LEFFERS, P. / SANDERS, A.P. / EMMEN, H. / SCHAPER, N.C. / WALENKAMP, G.H.: Casting methods and plantar pressure: effects of custom made foot orthoses on plantar pressure distribution. *Journal of the American Podiatric Association* 2006; 96 (1) 9-18.
- GURNEY, J.K. / KERSTING, U.G. / ROSENBAUM, D.: Between-day reliability of repeated plantar pressure distribution measurements in a normal population. *Gait and Posture* 2008, 27(4), 706-709.
- HADFIELD, M.H. / SNYDER, J.W. / LIACOURAS, B.S. / OWEN, J.R. / WAYNE, J.S. / ADELAAR, R.S.: Effects of Medializing Calcaneal Osteotomy on Achilles Tendon Lengthening and Plantar Foot Pressures. *Foot and Ankle International* 2003; 24 (7): 523-529.
- HAHN, F. / MAIWALD, C. / HORSTMANN, T. / VIENNE, P.: Changes in plantar pressure distribution after Achilles tendon augmentation with flexor hallucis longus transfer. *Clinical Biomechanics* 2008; 23: 109-116.
- HASTINGS, M.K. / MUELLER, M.J. / PILGRAM, T.K. / LOTT, D.J. / COMMEAN, P.K. / JOHNSON, J.E.: Effect of metatarsal pad placement on plantar pressure in people with diabetes mellitus and peripheral neuropathy. *Foot and Ankle International* 2007, 28(1): 84-88.
- HAYES, A. / SEITZ, P.: The average pressure distribution of the diabetic foot: can it be used as a clinical diagnostic aid? *Clinical Biomechanics* 1997; 12(3): 3-4.
- HEGEWALD, G.: Ganganalytische Bestimmung und Bewertung der Druckverteilung unterm Fuß und von Gelenkwinkeln – eine Methode für Diagnose und Therapie im medizinischen Alltag und für die Qualitätssicherung in der reha-bilitationstechnischen Versorgung. Dissertationsschrift 2000; Institut für Rehabilitationswissenschaften, Humboldt Universität zu Berlin.
- HEIN, T.: Optimierung der Analyse von Druckverteilungen zur Beantwortung klinischer Fragen. *Praxissemesterbericht* 2006; FH Remagen.
- HENNING, E.M. / MILANI, T.L.: The tripod support of the foot. An analysis of pressure distribution under static and dynamic loading. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 1993; 131 (3): 279-284.
- HINTERMANN, B. / NIGG, B.: Pronation in runners – Implications for injuries. *Sports Medicine* 1998; 26: 169-176.

- HODGE, M.C. / BACH, T.M. / CARTER, G.M.: Orthotic management of plantar pressure and pain in rheumatoid arthritis. *Clinical Biomechanics* 1999; 14 (8): 567-575.
- HUGHES, J. / PRATT, L. / LINGE, K. / CLARK, P. / KLENERMAN, L.: Reliability of pressure measurements: the EMED F System. *Clinical Biomechanics* 1991; 6: 14-18.
- JAMES, S.L. / BATES, B.T. / OSTERNIG, L.R.: Injuries to runners. *American Journal of Sports Medicine* 1978; 6 (2): 40-50.
- JANNINK, M. / VAN DIJK, H. / IJZERMAN, M. / GROOTHUIS-OUDSHOORN, K. / GROOTHOFF, J. / LANKHURST, G.: Effectiveness of custom-made orthopaedic shoes in the reduction of foot pain and pressure in patients with degenerative disorders of the foot. *Foot and Ankle International* 2006; 27(11): 974-979.
- JOHNSTON, L.B. / GROSS, M.T.: Effects of foot orthoses on quality of life for individuals with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopedics, Sportsmedicine and Physiotherapy* 2004; 34 (8): 440-448.
- KAZIS, L.E. / ANDERSON, J.J. / MEENAN, R.T.: Effect sizes for interpreting changes in health status. *Medical Care* 1989; 27: 178-189.
- KERNOZEK, T.W. / LAMOTT, E.E. / DANCLSAK, M.J.: Reliability of an In-Shoe Pressure Measurement System During Treadmill Walking. *Foot and Ankle International* 1996; 17 (4): 204-209.
- KIEBZAK, G.M. / CAMPBELL, M. / MAUERHAN, D.R.: The SF-36 general health status survey documents, the burden of osteoarthritis and the benefits of total joint arthroplasty: but why should we use it? *American Journal of Management and Care* 2002; 8: 463-474.
- KIND, P.: Measuring quality of life in evaluating clinical interventions: An overview. *Annals of Medicine* 2001; 33: 323-327.
- KRAUSS, I.: Dissertationsschrift 2006, Institut für Sportwissenschaften, Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
- LANDORF, K.B. / KEENAN, A.M.: Efficiency of Foot Orthoses – What does literature tell us? *Journal of the American Podiatric Medical Association* 2000; 90 (3): 149-158.
- LANDORF, K.B. / KEENAN, A.M.: An evaluating of two foot-specific, health-related quality-of-life measuring instruments. *Foot and Ankle International* 2002; 23 (6): 538-546.

- LANDORF, K.B. / KEENAN, A.M. / HERBERT, R.D.: Effectiveness of foot orthoses to treat plantar fasciitis: a randomized trial. *Archiv of International Medicine* 2006; 166 (12): 1305-1310.
- LYNCH, D.M. / GOFORTH, W.P. / MARTIN, J.E. / ODOM, R.D. / KAASBERG-PREECE, C. / KOTTER, M.W.: Conservative Treatment of Pantar Fasciitis: A Prospective Study. *Journal of the American Podiatric Association* 1988; 88 (8): 375-380.
- MACLELLAN, G.E. / VYVYAN, B.: Management of pain beneath the heel and achilles tendinitis with viscoelastic heel inserts. *British Journal of Sports Medicine* 1982; 15: 117-121.
- MACWILLIAMS, B.A. / COWLEY, M. / NICHOLSON, D.E.: Foot kinematics and kinetics during adolescent gait. *Gait and Posture* 2003; 17 (3): 214-224.
- MAIWALD, C. / GRAU, S. / KRAUSS, I. / MAUCH, M. / AXMANN, D. / HORSTMANN, T: Reproducibility of Plantar Pressure Distribution Data in Barefoot Running. *Journal of Applied Biomechanics* 2008; 24, 14-23.
- MAIWALD, C. / GRAU, S. / KRAUSS, I. / MAUCH, M. / HORSTMANN, T.: Zusammenhang von plantaren Druckverteilungsmustern und kinematischen Messgrößen beim Barfußlauf. Kurzreferat Nr. 224 Sportärztekongress 2007.
- MAIWALD, C. / GRAU, S. / KRAUSS, I. / HORSTMANN, T.: Variabilität plantarer Druckverteilungsmuster bei Läufer(innen) mit und ohne Patellaspitzensyndrom. Posterpräsentation, 2005.
- MARTIN, R.L. / IRRGANG, J.J.: A survey of self-reported outcome instruments for the foot and ankle. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 2007; 37 (2): 72-84.
- MAYER, F. / GRAU, S. / BAUER, H. / HISCHMÜLLER, A. / HORSTMANN, T. / GOLLHOFER, A. / DICKHUTH, H.H.: Verletzungen und Beschwerden im Laufsport. *Deutsches Ärzteblatt* 2001; 19: 1254-56.
- McCLAY, I. / MANAL, K.: A comparison of the three-dimensional lower extremity kinematics during running between excessive pronators and normals. *Clinical Biomechanics* 1998; 13 (3): 195-203.
- McPOIL, T. / CORNWALL, M.: The variability of the center of pressure pattern. *Clinical Biomechanics* 1997; 12 (3): 20.
- MEIER, M. / DÜRR, H.R. / KÖHLER, S. / STAUPENDAHL, D. / PFAHLER, M. / REFIOR, H.J.: Analgetische Wirkung niederenergetischer extrakorporaler Stoßwellen bei Tendinosis calcarea, Epicondylitis humeri radialis und Plantarfasziitis. *Zeitschrift für Orthopädie*, 2000; 138: 34-38.

- MENZ, H.B. / MORRIS, M.E.: Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. *Gait and Posture* 2006; 24 (2): 229-236.
- MILANI, T.L. / KIMMESKAMP, S.: Baropedografie – Entwicklung und Messtechnik. Vortrag auf dem 1. Sommerkurs der Deutschen Gesellschaft für Biomechanik, 2000.
- MITTERNACHT, J. / LAMPE, R.: Calculation of functional kinetic parameters from the plantar pressure distribution measurement. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 2006; 144 (4): 410-418.
- MIZELLE, C. / RODGERS, M. / FORRESTER, L.: Bilateral foot center of pressure measures predict hemiparetic gait velocity. *Gait and Posture* 2006; 24 (3): 356-363.
- MORAG, E. / CAVANAGH P.R.: Structural and functional predictors of regional peak pressures under the foot during walking. *Journal of Biomechanics* 1999; 32(4): 359-370.
- MÜNDERMANN, A. / STEFANYSHYN, D.J. / NIGG, B.M.: Relationship between footwear comfort of shoe inserts and anthropometric and sensory factors. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2001; 33: 1939.
- MÜNDERMANN, A. / NIGG, B.M. / STEFANYSHYN, D.J. / HUMBLE, R.N.: Development of a reliable method to assess footwear comfort during running. *Gait and Posture* 2002; 16: 38-45.
- MÜNDERMANN, A. / NIGG, B.M. / HUMBLE, R.N. / STEFANYSHYN, D.J.: Foot orthotics affect lower extremity kinematics and kinetics during running. *Clinical Biomechanics* 2003a; 18 (3): 254-262.
- MÜNDERMANN, A. / NIGG, B.M. / HUMBLE, R.N. / STEFANYSHYN, D.J.: Orthotic Comfort Is Related to Kinematics, Kinetics, and EMG in Recreational Runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2003b; 35: 1710-1719.
- MÜNDERMANN, A. / NIGG, B.M. / HUMBLE, R.N. / STEFANYSHYN, D.J.: Consistent Immediate Effects of Foot Orthoses on Comfort and Lower Extremity Kinematics, Kinetics, and Muscle Activity. *Journal of Applied Biomechanics* 2004; 20: 71-84.
- MURPHY, D.F. / CONOLLY, D.A.J. / BEYNNON, B.D.: Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *British Journal of Sports Medicine* 2003; 37: 13-29.

- MURPHY, D.F. / BEYNNON, B.D. / MICHELSON, J.D. / VACEK, P.M.: Efficacy of plantar loading parameters during gait in terms of reliability, variability, effect of gender and relationship between contact area and plantar pressure. *Foot and Ankle International* 2005; 26(2): 171-179.
- NAWATA, K. / NISHIHARA, S. / HAYASHI, I. / TESHIMA, R.: Plantar pressure distribution during gait in athletes with functional instability of the ankle joint: preliminary report. *Journal of Orthopaedic Science* 2005; 10(3): 298-301.
- NESTER, C.J. / VAN DER LINDEN, M.L. / BOWKER, P.: Effect of foot orthoses on kinematics and kinetics of normal walking gait. *Gait and Posture* 2003; 17: 180-187.
- NIGG, B.M. /BAHLSSEN, H.A. /LÜTHI, S.M.: The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running. *Journal of Biomechanics* 1987, 20 (10): 951-959.
- NIGG, B.M. / KHAN, A. / FISHER, V. / STEFANYSHYN, D.: Effect of shoe insert construction on foot and leg movement. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1998; 30(4): 550-555.
- NIGG, B.M. / NURSE, M. / STEFANYSHYN, D.J.: Shoe inserts and orthotics for sport and physical activities. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1999; 31: 421-428.
- NIGG, B.M.: The role of impact forces and foot pronation: a new paradigm. *Clinical Journal of Sports Medicine* 2001, 11 (1): 2-9.
- NIGG, B.M. / STERGIUO, P. / STEFANYSHYN, D.J. / MÜNDERMANN, A. / HUMBLE, N.: Effect of shoe inserts on kinematics, center of pressure and leg joint moments during running. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2003; 35 (2): 314-319.
- NILSDOTTER, A.K. / ROOS, E.M. / WESTERLUND, J.P. / ROOS, H.P. / LOHMANDER, L.S.: Comparative responsiveness of measures of pain and function after total hip replacement. *Arthritis Rheuma*, 2001; 45 (3): 258-262.
- NOVACHEK, T. F.: The biomechanics of running. *Gait and Posture*, 1998; 7: 77-95.
- PAAVOLA, M. / KANNUS, P. / PAAKALA, T.: Long-term prognosis of patients with Achilles tendopathy. An observational 8-year-follow-up study. *American Journal of Sports Medicine* 2000; 28: 634-642.

- PAAVOLA, M. / KANNUS, P. / ORAVA, S.: Surgical treatment for chronic Achilles tendinopathy: a prospective seven month follow up study. *British Journal of Sports Medicine* 2002; 36: 178-182.
- PATAKY, Z. / ASSAL, J.P. / CONNE, P. / VUAGNAT, H. / GOLAY, A.: Plantar pressure distribution in Type-2 diabetic patients without peripheral neuropathy and peripheral vascular disease. *Diabetes Medicine* 2005; 22(6): 762-767.
- PAYNE, C. / TURNER, D. / MILLER, K.: Determinants of plantar pressure in the diabetic foot. *Journal of Diabetes Complications* 2002; 16(4): 277-283.
- PRATT, D.J.: A critical review of the literature of foot orthoses. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 2000; 90: 339-341.
- PETERSEN, W. / WELP, R. / ROSENBAUM, D.: A Prospective Randomized Study Comparing the Therapeutic Effect of Eccentric Training, the Air Heel Brace, and a Combination of Both. *The American Journal of Sports Medicine* 2007; 35 (10): 1659-1667.
- QUINTANA, J.M. / ESCOBAR, A. / BILBAO, A. / AROSTEGUI, I. / LAFUENTE, I. / VIDAURRETA, I.: Responsiveness and clinically important differences for the WOMAC and SF-36 after hip joint replacement. *Osteoarthritis Cartilage* 2005; 13: 1076-1083.
- RADOSCHEWSKI, M.: Gesundheitsbezogene Lebensqualität – Konzepte und Maße. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 2000; 43: 165-189.
- RHAZEGI, M. / BATT, M.E.: Biomechanical Analysis of the Effect of Orthotic Shoe Inserts: A Review of the Literature. *Sports Medicine* 2000; 29 (6): 425-438.
- ROSENBAUM, D. / KERSTING, U.G.: Between day reliability of repeated plantar pressure distribution measurements in a normal population. *Emed Scientific Meeting Leeds UK, August 2004.*
- SAXENA, A. / HADDAD, J.: The Effect of Foot Orthoses on Patellofemoral Pain Syndrome. *Journal of the American Podiatric Association* 2003; 93: 425-438.
- SNEYERS, C.J. / LYSSENS, R. / FEYS, H. / ANDRIES, R.: Influence of malalignment of the feet on the plantar pressure pattern in running. *Foot and Ankle* 1995; 16 (10): 624-632.

- SOOHOO, N.F. / SAMIMI, D.B. / VYAS, R.M. / BOTZLER, T.: Evaluation of the validity of the Foot Function Index in measuring outcomes in patients with foot and ankle disorders. *Foot and Ankle International* 2006; 27 (1): 38-42.
- SOHOO, N.F. / VYAS, R.M. / SAMIMI, D.B. / MOLINA, R. / LIEBERMANN, J.R.: Comparison of the responsiveness of the SF-36 and WOMAC in patients undergoing total hip arthroplasty. *Journal of Arthroplasty* 2007; 22 (8): 1168-1173.
- STACOFF, A. / REINSCHMIDT, C. / NIGG, B.M. / VAN DEN BOGERT, A.J. / LUNDBERG, A. / DENOTH, J. / STÜSSI, E.: Effects of foot orthoses on skeletal motion during running. *Clinical Biomechanics* 2000; 15: 54-64.
- TAUNTON, J.E. / RYAN, M.B. / CLEMENT, D.B. / MCKENZIE, D.C. / LLOYD-SMITH, D.R. / ZUMBO, B.D.: A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *British Journal of Sports Medicine* 2002; 36: 95-101.
- VAN DER LEEDEN, M. / DEKKER, J.H. / SIEMONSMA, P.C. / LEK-WESTERHOF, S.S. / STEULTJENS, M.P.: Reproducibility of plantar pressure measurements in patients with chronic arthritis: a comparison of one-step, two-step and three-step and an estimate of the number of measurements required. *Foot and Ankle International* 2004; 25(10) 739-744.
- WALDECKER, U.: Metatarsalgia in hallux valgus deformity: a pedographic analysis. *Journal for Foot and Ankle Surgery* 2002; 41 (5): 300-308.
- WILLEMS, T.M. / DE CLERCQ, D. / DELBAERE, K. / VANDERSTRAETEN, G./ DECOCK, A. / WITVROUW, E.: A prospective study of gait related risk factors for exercise-related lower leg pain. *Gait and Posture* 2006; 23 (1): 91-98.
- WILLEMS, T.M. / WITVROUW, E. / DECOCK, A. / DE CLERCQ, D.: Gait-Related Risk Factors for Exercise-Related Lower-Leg Pain during Shod Running. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2007; 39(2): 330-339.
- WOOD-DAUPHINEE, S.: Assessing quality of life in clinical research: From where have we come and where are we going? *Journal of Clinical Epidemiology* 1999; 52: 355-363.
- WROBEL, J.S. / BIRKMEYER, N.J. / DERCOLI, J.L. / CONNOLLY, J.E.: Do clinical examination variables predict high plantar pressures in the diabetic foot? *Journal of the American Podiatric Association* 2003; 93 (5): 367-372.
- WU, S.C. / DRIVER, V.R. / WROBEL, J.S. / ARMSTRONG, D.G.: Foot ulcers in the diabetic patient: prevention and treatment. *Vascular Health Risk Management* 2007; 3(1): 65-76.

Sekundärliteratur

BULLINGER, M. / KIRCHBERGER, I.: SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand, Handanweisung. Hogrefe Verlag, Göttingen, 1998.

GRAU, S.: Laufschuhe und Laufverletzungen. Biomechanische Bewegungsmerkmale und Verletzungen – dargestellt am Beispiel der Achillessehne. C. Maurer, Druck und Verlag, Geislingen (Steige), 2003.

GRIFKA, J.: Einlagen. Indikation, Verordnung, Ausführung. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 1989.

HARMS, V.: Biomathematik, Statistik und Dokumentation: eine leichtverständliche Einführung. Kiel, 5. Auflage, 1998.

RÖSSLER, H. / HÜTHER, W.: Orthopädie. Urban und Fischer Verlag München-Jena, 18. korrigierte Auflage, 2000.

ROST, R. (Hrsg.): Lehrbuch der Sportmedizin. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 2001.

SALL, J. / CREIGHTON, L. / LEHMAN, A.: JMP Start Statistics. Thompson-Brooks-Cole, 3. Auflage, 2005.

9 Anhang

Patienteninformation

Einwilligungserklärung

Fragebogen 1 zur Einlagensprechstunde

Fragebogen 2 zur Einlagensprechstunde

Danksagungen

Herrn Prof. Dr. Thomas Horstmann danke ich, dass er mir die Möglichkeit gab, in der Sportorthopädie der Medizinischen Universitätsklinik und Poliklinik zu promovieren.

Für die Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten und die fachliche sowie moralische Unterstützung danke ich sehr herzlich Herrn Dr. Stefan Grau, Frau Dr. Inga Krauß, Herrn Dr. Detlef Axmann und Christian Maiwald.

Lebenslauf

Name: Stefanie Grözinger
Adresse: Karl-Jaggy-Str. 32
72116 Mössingen
Geboren: 16.02.1978 in Reutlingen
Familienstand: ledig

Schulbildung

1984-1987 Grundschule Uhlandschule Unterhausen
1987-1988 Grundschule Uhlandschule Pfullingen
1988-1997 Friedrich-Schiller-Gymnasium Pfullingen
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

Studium

1997-1998 Studium der angewandten Chemie an der FH Reutlingen
03/1999 Beginn des Medizinstudiums an der Universität Tübingen
03/2001 Physikum
03/2002 1. Staatsexamen
03/2005 2. Staatsexamen
10/05/2006 Abschluss: Ärztliche Prüfung

Berufliche Tätigkeit

2006-2008 Assistenzärztin in der Abteilung für Allgemein- und
Viszeralchirurgie im Krankenhaus Hechingen
seit 08/2008 Assistenzärztin in der Klinik für Chirurgie im Klinikum am
Steinenberg in Reutlingen

Patienteninformation

Untersuchung zur schmerzreduzierenden Wirkung der im Biomechanik-Labor Tübingen verordneten Einlagen sowie zur Optimierung der Einlagensprechstunde

Sehr geehrter Patient, sehr geehrte Patientin,

Im Rahmen der Einlagensprechstunde im Biomechaniklabor der Abteilung Sportmedizin am Universitätsklinikum Tübingen wird eine Studie durchgeführt, die zum einen der Überprüfung der Wirksamkeit der verordneten Einlagen, zum anderen der Optimierung der Sprechstunde dient.

Die Studie wird durchgeführt von Stefanie Grözinger, Medizinstudentin im 9. Fachsemester, und betreut von Dr. Stefan Grau, dem Leiter des Biomechaniklabors.

Folgende Fragen sollen durch die Studie geklärt werden:

1. Wie wirksam ist die Therapie mit den Einlagen, die aufgrund der Lauf- und Ganganalyse in unserer Einlagensprechstunde angefertigt werden? Führt diese Einlagenversorgung zu einer Besserung der Schmerzen der Patienten?
2. Wie kann unsere Einlagensprechstunde optimiert werden? Wie zufrieden sind unsere Patienten mit der Einlagenversorgung?
3. Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Körperstelle, an der die Schmerzen auftreten (z. B. an der Achillessehne, unterhalb der Kniescheibe) und den Daten, die wir bei der Analyse erheben (z. B. die Stelle, an der die größten Druckwerte auftreten)?
4. Wie gut stimmen die Daten der Druckmessplatte (barfuß gehen) erhoben werden, mit den Eindrucksdaten auf dem Laufband überein, wo wir eine subjektive Einstufung des Gangbildes vornehmen?

Um diese Fragen beantworten bzw. klären zu können, möchten wir Sie bitten, zwei Fragebögen auszufüllen.

Der erste Fragebogen sollte am Tag der Analyse von Ihnen ausgefüllt werden, der zweite etwa 4 Monate nach Erhalt der Einlagen (dieser Fragebogen wird Ihnen dann von uns per Post oder per E-mail zugeschickt).

Der Ablauf der Lauf- und Ganganalyse ändert sich dadurch nicht.

Die Daten, die während der Analyse von Ihnen erhoben werden - *persönlichen* Angaben (z. B. mögliche Ursachen für die Beschwerden, Schuhgröße, Schutyp), *klinischen Befunde* (wie Diagnose oder Ort der Schmerzen), *sportspezifische Angaben* (wie Sportart und/oder Trainingsumfang) und die *Messgrößen aus der Analyse* - werden in unsere Patientendatenbank aufgenommen. Sie werden dort gespeichert und können nur von Personen eingesehen werden, die im Biomechaniklabor arbeiten und bezüglich der Patientendaten der Schweigepflicht unterliegen.

Wir möchten Sie bitten, uns mit der beiliegenden Erklärung Ihr Einverständnis zu geben, Ihre Daten/Krankheitsdaten **ohne Namensnennung** auf elektronischen Datenträgern und Fragebögen aufzeichnen zu dürfen. Sie erlauben uns damit zugleich, dass wir mit den Daten im Hinblick auf die oben genannten Fragestellungen arbeiten und diese statistisch auswerten können.

Die Weitergabe der erhobenen Daten an Dritte (d. h. Personen, die mit der weiteren Bearbeitung der Daten betraut sind), die Auswertung sowie einer möglichen Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgt ausschließlich in **anonymisierter Form** (d. h., ein Personenbezug kann anhand dieser Daten nicht hergestellt werden).

Die Teilnahme an der Studie kann von Ihnen ohne Angabe von Gründen und ohne persönliche Nachteile abgelehnt werden. Eine Nichtteilnahme hat keinen Einfluss auf den Ablauf und die Qualität der Einlagenberatung und -versorgung. Auch zu einem späteren Zeitpunkt können Sie Ihre Einwilligung, ebenfalls ohne Angabe von Gründen, widerrufen.

Einwilligungserklärung

Untersuchung zur schmerzreduzierenden Wirkung der im Biomechanik-Labor Tübingen verordneten Einlagen sowie zur Optimierung der Einlagensprechstunde

Hiermit erkläre ich, dass ich über die Ziele, den Ablauf und den Nutzen der Studie aufgeklärt wurde.

Die Patienteninformation habe ich gelesen; ich hatte die Möglichkeit, dazu Fragen zu stellen. Eine Kopie des Informationsblattes und der Einwilligungserklärung habe ich erhalten.

Ich bestätige,

- dass ich darüber informiert wurde, dass die Teilnahme an der Studie vollkommen freiwillig ist und dass ich das Einverständnis jederzeit ohne Angabe von Gründen widerrufen kann,
- dass ich über den Umgang mit personenbezogenen Daten informiert wurde.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten **ohne Namensnennung** auf Fragebögen und elektronischen Datenträgern aufgezeichnet werden.

Die Weitergabe der erhobenen Daten an Dritte (d. h. Personen, die mit der weiteren Bearbeitung der Daten betraut sind), die Auswertung sowie die Veröffentlichung der Daten erfolgt ausschließlich in **anonymisierter Form** (d. h., ein Personenbezug kann allein anhand dieser Daten nicht hergestellt werden).

Außerdem erkläre ich mich damit einverstanden, dass ein autorisierter und zur Verschwiegenheit verpflichteter Beauftragter der zuständigen Überwachungsbehörde oder der Bundesoberbehörde in meine beim Prüfarzt vorhandenen personenbezogenen Daten Einsicht nimmt, soweit dies für die Überprüfung der Studie notwendig ist.

Für diese Maßnahme entbinde ich den Prüfarzt von der ärztlichen Schweigepflicht.

Patient/in (Name, Vorname)

__ __ . __ __ . __ __ __ __
Geb.-Datum

Ort, Datum

Unterschrift

Fragebogen 1 zur Einlagenversorgung

Datum: ____ / ____ / 2003

Telefon: 07071/29 86493 Fax: 07071/29-5162
E-Mail: thomas.horstmann@med.uni-tuebingen.de

Initialen: ____ ____

Alter: _____ Jahre

Pat.-Nr.: _____ (bitte nicht ausfüllen)

Bitte beantworten Sie die Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?

- (1) ausgezeichnet
- (2) sehr gut
- (3) gut
- (4) weniger gut
- (5) schlecht

2. Im Vergleich zur vergangenen Woche: Wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?

- (1) derzeit viel besser
- (2) derzeit etwas besser
- (3) etwa wie vor einer Woche
- (4) derzeit etwas schlechter
- (5) derzeit viel schlechter

3. Hatten Sie in der vergangenen Woche aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

	Ja	Nein
a) Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b) Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c) Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
d) Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung	1	2

Im folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben.

4. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?

Tätigkeiten	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
a) anstrengende Tätigkeiten , z. B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3
b) mittelschwere Tätigkeiten , z. B. einen Tisch verschieben, Staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
c) Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3
d) mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
e) einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
f) sich beugen, knien, bücken	1	2	3
g) mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
h) mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
i) eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
j) sich baden oder anziehen	1	2	3

5. Wie stark waren Ihre Schmerzen in der vergangenen Woche?

Keine Schmerzen	Sehr leicht	Leicht	Mäßig	Stark	Sehr stark
1	2	3	4	5	6

6. In wieweit haben die Schmerzen Sie in der vergangenen Woche bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?

Überhaupt nicht	Ein bisschen	Mäßig	Ziemlich	Sehr
1	2	3	4	5

7. Seit wann bestehen Ihre Schmerzen?

- (1) seit 1 Monat oder weniger
- (2) zwischen 1 Monat und 3 Monaten
- (3) zwischen 3 Monaten und 6 Monaten
- (4) länger als 6 Monate

8. In wieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu?

	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
a) Ich scheine etwas leichter krank zu werden als andere	1	2	3	4	5
b) Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5
c) Ich erwarte, dass mein Gesundheitszustand nachlässt	1	2	3	4	5
d) Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5

**9. Wurden Sie wegen Ihren jetzigen Beschwerden bisher behandelt?
Wenn ja, haben sich die Beschwerden durch die Behandlung gebessert?**

- (1) Nein, ich habe wegen meinen jetzigen Beschwerden noch **keine Behandlung** erhalten.
- (2) Ich bin bereits mit **Einlagen aus der Sportmedizin in Tübingen** behandelt worden.
- (I) Dadurch kam es zu **keiner** Besserung meiner Beschwerden.
- (II) Es kam zu einer leichten Besserung.
- (III) Meine Beschwerden waren völlig weg.
- (3) Ich bin mit **Einlagen** aus einem anderen Haus bzw. **von einem anderen Hersteller** behandelt worden.
- (I) Dadurch kam es zu **keiner** Besserung meiner Beschwerden.
- (II) Es kam zu einer leichten Besserung.
- (III) Meine Beschwerden waren völlig weg.
- (4) Ich habe **Krankengymnastik / Physiotherapie** erhalten.
- (I) Dadurch kam es zu **keiner** Besserung meiner Beschwerden.
- (II) Es kam zu einer leichten Besserung.
- (III) Meine Beschwerden waren völlig weg.

(5) Ich bin mit **Schmerz-Medikamenten** (Analgetika) behandelt worden.
(z. B. Novaminsulfon®, Voltaren®, Diclofenac, Vioxx®, Celebrex®, Brufen®, Dolor-
min®, Aspirin®, ASS)

- (I) Dadurch kam es zu **keiner** Besserung meiner Beschwerden.
- (II) Es kam zu einer leichten Besserung.
- (III) Meine Beschwerden waren völlig weg.

(6) Ich habe eine **andere Behandlung** erhalten als jene, die unter (2) bis (5) aufgelistet sind.

Welche? _____

- (I) Dadurch kam es zu **keiner** Besserung meiner Beschwerden.
- (II) Es kam zu einer leichten Besserung.
- (III) Meine Beschwerden waren völlig weg.

10. Was erwarten Sie von der Behandlung mit einer Einlage?

- (1) Schmerzlinderung, Schmerzfreiheit
- (2) Wiedererlangung der (vollen) Sportfähigkeit
- (3) Korrektur oder Besserung einer Fehlstellung (im Knie, in der Hüfte, in der Wirbelsäule)
- (4) Sonstige: _____

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Fragebogen 2 zur Einlagenversorgung

Datum: ____ / ____ / 2003

Initialen: ____

Alter: ____ Jahre

Pat.-Nr.: ____ (bitte nicht ausfüllen)

Telefon: 07071/29 86493 Fax: 07071/29-5162
E-Mail: thomas.horstmann@med.uni-tuebingen.de

Bitte beantworten Sie die Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?

- (1) ausgezeichnet
- (2) sehr gut
- (3) gut
- (4) weniger gut
- (5) schlecht

2. Im Vergleich zum Untersuchungszeitpunkt vor ca. 4 Monaten, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?

- (1) derzeit viel besser
- (2) derzeit etwas besser
- (3) etwa gleich wie zum Untersuchungszeitpunkt
- (4) derzeit etwas schlechter
- (5) derzeit viel schlechter

3. Hatten Sie in der vergangenen Woche aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

	Ja	Nein
a) Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b) Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c) Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
d) Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung	1	2

Im folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben.

4. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?

Tätigkeiten	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
a) anstrengende Tätigkeiten , z. B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3
b) mittelschwere Tätigkeiten , z. B. einen Tisch verschieben, Staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
c) Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3
d) mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
e) einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
f) sich beugen, knien, bücken	1	2	3
g) mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
h) mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
i) eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
j) sich baden oder anziehen	1	2	3

5. Wie stark waren Ihre Schmerzen in der vergangenen Woche?

Keine Schmerzen	Sehr leicht	Leicht	Mäßig	Stark	Sehr stark
1	2	3	4	5	6

6. In wieweit haben die Schmerzen Sie in der vergangenen Woche bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?

Überhaupt nicht	Ein bisschen	Mäßig	Ziemlich	Sehr
1	2	3	4	5

7. In wieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu?

	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
a) Ich scheine etwas leichter krank zu werden als andere	1	2	3	4	5
b) Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5
c) Ich erwarte, dass mein Gesundheitszustand nachlässt	1	2	3	4	5
d) Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5

8. In welchen Schuhen und wie häufig haben Sie Ihre Einlagen getragen?

Bitte kreuzen Sie die Ziffer vor der Schuhart an und markieren Sie in der gleichen Zeile die Beschreibung, die am besten auf Sie zutrifft. – Mehrfachnennungen sind möglich.

(1) Sportschuhe	nie	gelegentlich	häufig	immer
(2) Straßenschuhe	nie	gelegentlich	häufig	immer
(3) Andere Schuhe:	nie	gelegentlich	häufig	immer

Welche Schuhe? _____

9. Falls Sie Ihre Einlagen nicht immer getragen haben: warum?

(Mehrfachnennungen sind möglich.)

- (1) Das Tragen der Einlagen war unangenehm / hat mir Schmerzen bereitet.
- (2) Ich hatte oft Schuhe an, in die meine Einlagen nicht gepasst haben.
- (3) Ich habe vergessen, die Einlagen einzulegen.
- (4) Anderer Grund: _____

10. Haben Sie während den letzten 4 Monaten zusätzlich zu den Einlagen noch eine andere Behandlung erhalten?

(Mehrfachnennungen sind möglich.)

- (1) Nein, ich habe **keine zusätzliche Behandlung** erhalten.
- (2) Ich habe **Krankengymnastik / Physiotherapie** erhalten.
- (I) Dadurch kam es zu **keiner** Besserung meiner Beschwerden.
 - (II) Es kam zu einer leichten Besserung.
 - (III) Meine Beschwerden waren völlig weg.
- (3) Ich bin mit **Schmerz-Medikamenten** (Analgetika) behandelt worden.
(z. B. Novaminsulfon®, Voltaren®, Diclofenac, Vioxx®, Celebrex®, Brufen®, Dolormin®, Aspirin®, ASS)
- (I) Dadurch kam es zu **keiner** Besserung meiner Beschwerden.
 - (II) Es kam zu einer leichten Besserung.
 - (III) Meine Beschwerden waren völlig weg.
- (4) Ich habe eine **andere Behandlung** erhalten als unter (2) und (3) aufgelistet.

Welche? _____

- (I) Dadurch kam es zu **keiner** Besserung meiner Beschwerden.
- (II) Es kam zu einer leichten Besserung.
- (III) Meine Beschwerden waren völlig weg.

11. Wie schätzen Sie den Erfolg der Behandlung Ihrer Schmerzen mit Einlagen ein?

- (1) Die Besserung meiner Schmerzen ist **allein durch die Behandlung mit Einlagen** eingetreten.
- (2) Die Einlagenversorgung hat einen **großen Anteil** an der Besserung meiner Schmerzen.
- (3) Die Einlagenversorgung hatte einen **geringen Anteil** an der Besserung meiner Schmerzen.
- (4) Die Einlagenversorgung hatte **keinen Anteil** an der Besserung meiner Schmerzen.
- (5) Bei mir hat sich **keine Besserung** eingestellt.
- (6) Sonstiges: _____

12. Wie zufrieden waren Sie im Rahmen der Einlagenversorgung mit folgenden Aspekten?

Die Zahl 1 bedeutet, dass Sie sehr zufrieden waren, die Zahl 5, dass Sie überhaupt nicht zufrieden waren. Markieren Sie die Zahl, die Ihre Meinung am besten widerspiegelt.

a) Passform der Einlagen	1	2	3	4	5
b) Betreuung während der Analyse	1	2	3	4	5
c) Organisation (Termin, Ablauf, Abholen bzw. Zuschicken der Einlagen)	1	2	3	4	5
d) Beratung hinsichtlich Schuhtyp oder Training	1	2	3	4	5
e) Ablauf der Nachbesserung (falls durchgeführt)	1	2	3	4	5

Bitte beantworten Sie die Fragen 13 bis 17 nur, wenn Ihre Einlagen **nachgebessert** wurden.

13. Warum haben Sie Ihre Einlagen zur Nachbesserung gegeben?

(Mehrfachnennungen sind möglich.)

- (1) Das Tragen der Einlagen war schmerzhaft.
- (2) Ich stand durch die Einlagen „zu hoch“ im Schuh, die Ferse wurde nicht mehr richtig umschlossen.
- (3) Mit den Einlagen im Schuh hat der Schuh nicht mehr richtig gepasst oder gedrückt.
- (4) Anderer Grund: _____

14. Wie oft haben Sie Ihre Einlagen getragen, bis Sie diese zum ersten Mal zur Nachbesserung gegeben haben?

_____ Mal

15. Wie oft haben Sie Ihre Einlagen bisher zur Nachbesserung gegeben?

_____ Mal

16. Wie lange mussten Sie warten, bis Sie Ihre Einlagen nach der Nachbesserung wieder zurückerhalten haben?

1. Nachbesserung: _____ Woche(n).
2. Nachbesserung: _____ Woche(n).
3. Nachbesserung: _____ Woche(n).

17. War(en) die Nachbesserung(en) erfolgreich?

(Bitte beurteilen Sie das Gesamtergebnis nach der letzten Nachbesserung, die vorgenommen wurde.)

- (1) Ja, die Probleme, deretwegen ich die Einlagen nachbessern ließ, sind behoben.
- (2) Nein, die ursprünglichen Probleme bestehen immer noch.
- (3) Die ursprünglichen Probleme sind zwar behoben, nun sind aber neue aufgetreten, so dass ich eine erneute Nachbesserung vornehmen lassen muss.
- (4) Ich habe meine Einlagen noch nicht wiedererhalten und kann deshalb keine Aussage dazu machen.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!