

---

# **Prophylaxe von chronischen und akuten Überlastungsfolgen der unteren Extremität im Sport**

Eine empirische Untersuchung zu individuellen Risikofaktoren

Claudia Reule & Wilfried Alt (Projektleiter)

Universität Stuttgart  
Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft

## **Einleitung**

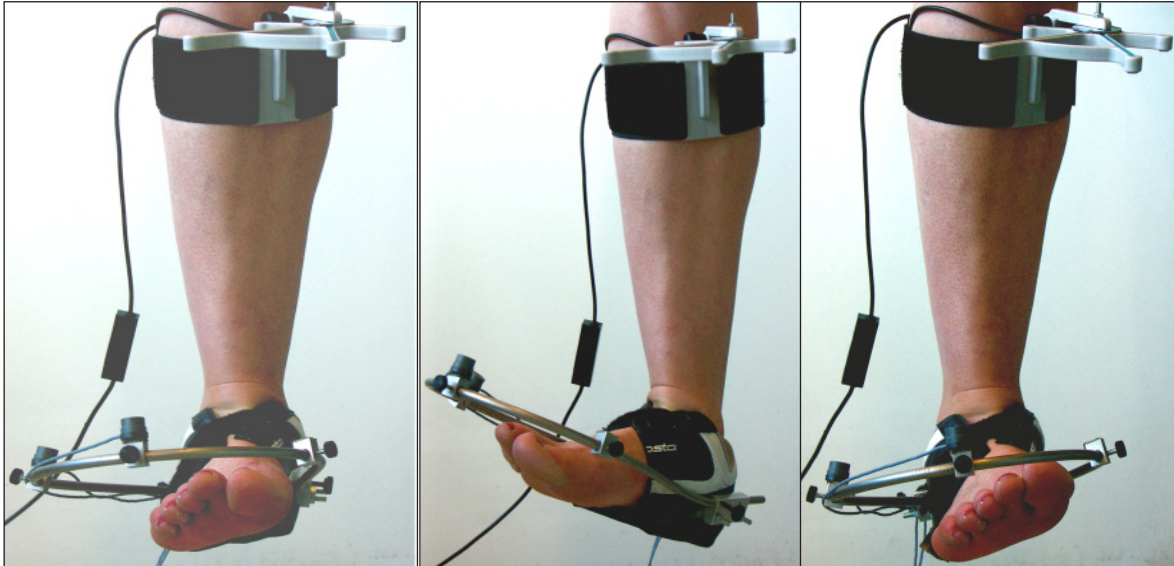
Im Sport und insbesondere im Spitzensport stellen chronische und akute Überlastungsfolgen der unteren Extremität ein enormes Problem dar. Durch einige Studien konnten retrospektiv zwar Risikosportarten identifiziert werden, jedoch ist über die individuellen Risikofaktoren nur wenig bekannt. Ob anatomische Variationen eine Rolle spielen, wird schon vor Jahrzehnten vermutet. (Jones, 1945; Close et al., 1967). Die meisten Studien wurden *in vitro* durchgeführt. Dies liegt unter anderem daran, dass die diagnostischen Verfahren für die individuelle Gelenkanatomie bisher nur wenig entwickelt oder mit extrem großem Aufwand verbunden waren.

Ziel dieser Studie ist es, individuelle Risikofaktoren zu identifizieren um Präventionsmaßnahmen individueller und spezifischer gestalten zu können. Hierzu müssen Zusammenhänge zwischen spezifischen anatomischen Strukturen und der Disposition für spezifische Verletzungen hergestellt werden, sofern diese vorhanden sind. In der Literatur tauchen immer wieder Annahmen über die Beziehung der individuellen Gelenkanatomie und chronischen und akuten Überlastungsschäden auf. Grund zur Spekulation liefern hierzu die enormen interindividuellen Unterschiede zwischen der Lage der Sprunggelenkachsen. Verletzungen der unteren Extremitäten müssen als multifaktorielles Problem betrachtet und behandelt werden. Die Lage der Gelenkachsen sollte mit einer an der Universität Stuttgart entwickelten Methode bei einer großen Anzahl von Versuchspersonen bestimmt werden und mit statistischen Analysen der Zusammenhang zu chronischen oder akuten Überlastungsfolgen an der unteren Extremität ermittelt werden. Weitere individuelle Merkmale, wie Fußform und Gangwinkel sollten einbezogen werden.

## **Material und Methoden**

Es wurden 442 Probanden gemessen. Der Großteil dieser Probanden gehört zu dem Kollektiv der Langstreckenläufer. Einschlusskriterium war eine wöchentliche Laufleistung von mindestens 20 km und eine mindestens dreijährige Lauferfahrung. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Messungen wurden etwa 30 % der Untersuchungen ausgeschlossen, bei denen Störungen im Untersuchungsablauf auftraten.

Von allen Probanden wurden die anthropometrischen Daten und Informationen über chronische oder akute Verletzungen sowie über die Trainingsdaten mit Hilfe eines Fragebogens erhoben.



*Abb. 1:* Ultraschallmesssystem. Fuß in neutraler Position und maximaler Dorsalflexion.

*Abb. 2:* Fuß in maximaler Eversion und maximaler Dorsalflexion.

*Abb. 3:* Fuß in maximaler Inversion und maximaler Dorsalflexion.

Im Rahmen eines vom BISP geförderten Projektes wurde an der Universität Stuttgart ein Verfahren entwickelt, mit dem es möglich ist, die Achsen des Sprunggelenks in vivo, nicht invasiv, und in Echtzeit zu bestimmen (Hochwald et al., 2004); eine detaillierte Beschreibung findet sich in dem entsprechenden Projektbericht. Das Verfahren basiert auf einer modifizierten Technologie der Fa. Zebris®. Dieses im Feld einsetzbare Verfahren wurde zur Bestimmung der oberen und unteren Sprunggelenkachsen aller Probanden verwendet. Es basiert auf einer Bewegungsanalyse des Sprunggelenkkomplexes (Abb. 1 - 3). Die Ultraschallmarker des Bewegungsanalyse-systems werden dabei an einem speziellen Schuh befestigt und die Ultraschallsensoren an der Tibia (Abb. 1 - 3). Um den Einfluss zufälliger Messunsicherheiten zu verringern, wurde jede Messung 6-fach durchgeführt; Mittelwerte und Variationskoeffizienten wurden online berechnet und die Messung wurde nur dann in die statistische Analyse eingeschlossen, wenn die Variation unter 5 % blieb.

Zusätzlich zu der räumlichen Orientierung der Sprunggelenkachsen wurde mittels eines modifizierten Laufbandes der Firma Zebris® mit Hilfe plantarer Druckverteilung der Gangwinkel aller Probanden bestimmt, um Zusammenhänge zu weiteren anatomischen Parametern aufdecken zu können (Abb. 4).

## Ergebnisse

Nur 26 % aller Probanden waren zuvor noch nie verletzt. Es wurden 631 Überla-

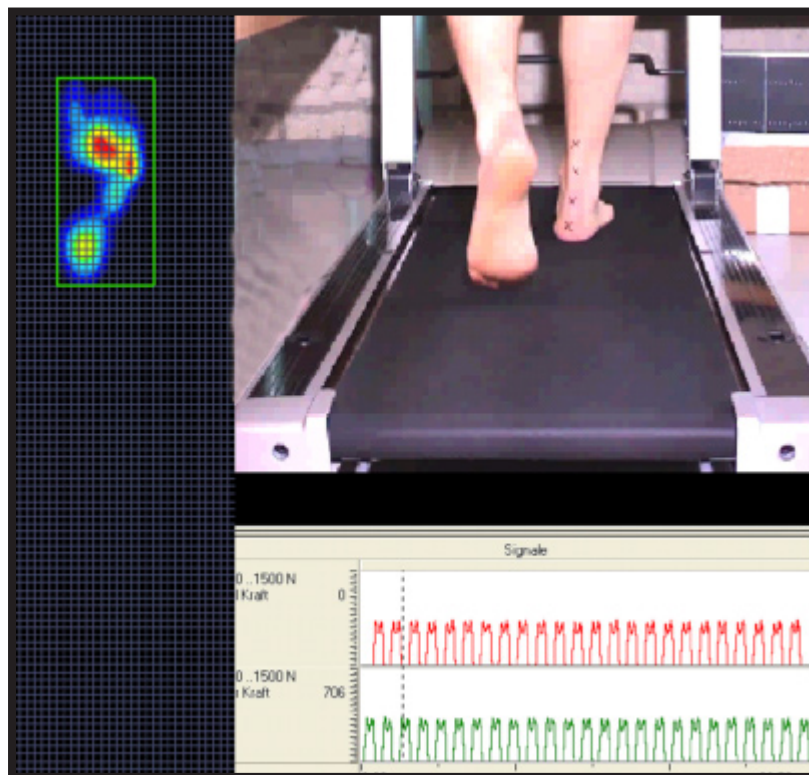


Abb. 4: Plantare Druckverteilung, Video und Bodenreaktionskraft der Laufbandanalyse

stungsfolgen festgestellt. 22 % der Verletzungen waren am Sprunggelenk lokalisiert, 23 % am Knie und 14 % an der Achillessehne. Von allen Probanden wurden die Gangwinkel beider Füße bestimmt. Die mittleren Gangwinkel betragen  $8^\circ \pm 5^\circ$ . Es konnte kein Zusammenhang zu der Lage der Sprunggelenkachsen festgestellt werden.

582 Achsen der unteren Sprunggelenke wurden in die Auswertung aufgenommen. Der Mittelwert des Inklinationwinkels<sup>1</sup> betrug  $43^\circ$ .

Der mittlere Deviationswinkel<sup>2</sup> betrug  $11^\circ$ . In Tabelle 1 sind die Ergebnisse dieser Studie im Vergleich zu den Ergebnissen aus früheren Studien zusammengefasst.

Es wurde ein signifikanter Unterschied zwischen dem mittleren Deviationswinkel bei Personen mit lateralen Bandverletzungen ( $8^\circ \pm 25^\circ$ ) und ohne laterale Bandverletzungen ( $12^\circ \pm 22^\circ$ ) gefunden. Zudem konnte ein hochsignifikanter Mittelwertunterschied zwischen dem mittleren Deviationswinkel bei Personen mit Achillessehnenproblemen ( $19^\circ \pm 22^\circ$ ) und ohne ( $11^\circ \pm 22^\circ$ ) festgestellt werden.

## Diskussion

Das entwickelte Messverfahren konnte erfolgreich eingesetzt werden. Für eine maximale Zuverlässigkeit der Ergebnisse ist jedoch eine extensive Einarbeitungszeit und sehr viel Erfahrung in der Durchführung des Messablaufs erforderlich. Daher

<sup>1</sup> Projektion des Winkels zwischen der Gelenkachse und der Horizontalebene auf die Saggitalebene.

<sup>2</sup> Projektion des Winkels zwischen der Gelenkachse und der Longitudinalachse des Fußes auf die Transversalebene.

wurden nur ca. 2/3 der Messungen in die Analyse einbezogen. Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen die Befunde anderer Autoren vor allem unter dem Aspekt der großen interindividuellen Variationsbreite. Die Mittelwerte der Studie bestätigen aber nur zum Teil die Standardangaben Lage der subtalaren Gelenkachse von 42° Inklination und 23° Deviation. Bei der größten bisher untersuchten Stichprobe dieser Studie zeigte sich, dass die subtalare Gelenkachse mit 11° Deviation doch eher parallel zu Längsachse des Fußes verläuft als bisher angenommen wurde. Die statistische Analyse deckte auf, dass die Versuchspersonen mit eindeutigen Achillessehnen-Problemen (dauerhafte therapieresistente Schmerzen bei Belastung) im Durchschnitt andere Lagen der unteren Sprunggelenkachse aufweisen als Personen ohne Achillessehnen-Probleme. Ein solcher Unterschied ist bisher noch nicht gezeigt worden.

Tab. 1: Lage der unteren Sprunggelenkachse aus unterschiedlichen Studien (auf ganze Zahlen gerundet).

Autor	N	Ink. [°]	Stab. [°]	Dev. [°]	Stab. [°]
Isman et al 1969	47 in vitro	41	9	23	10
Van den Bogert 1994	18 in vivo	37	6	18	16
Alt 2000	22 in vivo	36	7	8	10
<b>diese Studie</b>	<b>582 in vivo</b>	<b>43</b>	<b>16</b>	<b>11</b>	<b>22</b>

Die gemessenen Mittelwerte des Inklinationswinkels liegen im Bereich der von ISMAN (1969) gemessenen Werte (Tab. 1). Im Gegensatz hierzu befindet sich der Mittelwert des Deviationswinkels zwischen den Ergebnissen von ISMAN (1969) und ALT (2000). Die Differenz der Ergebnisse gründet sich unter Umständen auf den Unterschied der verwendeten Methoden. Ein direkter Vergleich beider Methoden erscheint sinnvoll.

Entscheidend für die Prävention von chronischen und akuten Überlastungsfolgen ist die Kenntnis deren Ursachen. Mit der räumlichen Ausrichtung der unteren Sprunggelenkachse ist möglicherweise ein Risikofaktor gefunden, der neben anderen Faktoren eine Rolle spielt. Ein geringer Deviationswinkel scheint tendenziell das Risiko für laterale Kapselbandverletzungen zu erhöhen. Noch deutlicher scheint ein sehr großer Deviationswinkel mit Achillessehnenproblemen zusammenzuhängen. Unklar ist, in welchem Zusammenhang die einzelnen Risikofaktoren zueinander stehen.

Für die Zukunft ist es daher sinnvoll, die mechanische Wirkung des Deviationswinkels auf die belasteten Strukturen genauer zu untersuchen, um damit einen Ansatzpunkt für individuelle Präventionsstrategien und Präventionsprogramme zu erhalten, welche im Voraus die Entstehung von Verletzungen verhindern können.

## Literatur

- Alt, W. (2000). Biomechanische Aspekte der Gelenkstabilisierung. Geislingen: C.Maurer Druck & Verlag.
- Close, J. R., Inman, V. T., Poor, P. M., & Todd, F. N. (1967). The Function of the Subtalar Joint. *Clinical orthopaedics and related research*, 50, 159-179.
- Hochwald, H., Alt, W. & Busch, G. (2004). Real-time method to determine the ankle joint axes. *Isokinetics and exercise science*, 12, 61-62.
- Hochwald, H. (2006). Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Gelenkachsen des Sprunggelenks. Dissertationsschrift, Universität Stuttgart.
- Isman, R. E., Inman, V. T. & Poor, P. M. (1969). Anthropometric Studies of the Human Foot and Ankle. *Bulletin of prosthetics research* 11, 97-108.
- Jones, R. L. (1945). The Functional Significance of the Declination of the Axis of the Subtalar Joint. *The anatomical record*, 93, 151-159.
- Van den Bogert, A. J., Smith, G. D., & Nigg, B. M. (1994). In vivo determination of the anatomical axes of the ankle joint complex: An optimization approach. *Journal of biomechanics*, 27, 1477-1488.

