Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften

Gesundheit
Institut für
Physiotherapie

Bachelorarbeit

Prävention von Verletzungen der unteren Extremität im Laufsport

Laufschuhe versus aktive Fussstabilität

Ein evidenzbasierter Vergleich

Eugster Daniela, Dorfstrasse 26, 9215 Buhwil, S07-166-325

Feer Sonja, Sunnmatt 21, 6410 Goldau, S07-165-905

Departement:	**Gesundheit**
Institut:	**Institut für Physiotherapie**
Studienjahr:	**2009 / 2010**
Eingereicht am:	**17.05.2010**
Betreuende Lehrperson:	**Arjen van Duijn**

Abstract

Hintergrund der Thematik: Der Fuss agiert als erster auf die Bodenreaktionskräfte und ist somit verantwortlich für die Schockabsorption weiterlaufend in der kinetischen Kette (Fuss-Knie-Hüfte). Die Pronation des Sprunggelenkes wird als natürliches Dämpfungssystem angesehen und hat direkten Einfluss auf das Knie- sowie Patellofemoralgelenk. Das alte Prinzip des Laufschuhdesigns „dämpfen, stützen, führen“ wird in der aktuellen Forschungsliteratur kritisch diskutiert.

Studiendesign: Die vorliegende Bachelorarbeit stellt eine Literaturübersicht und Analyse von 6 Studien dar, die mittels angepasstem Formular von „Law et al“ (1998) bewertet wurden. Die Studien decken einerseits die Themen aktive Fussstabilität und Laufschuhe in der Prävention, andererseits die biomechanische Unterschiede von gesunden im Gegensatz zu verletzten Läufern[1] ab.

Zielsetzung: Das Ziel der Arbeit ist es die Literatur zu durchsuchen, mit der Frage, welchen Einfluss Laufschuhe im Gegensatz zur aktiven Fussstabilität auf die Prävention von Verletzungen der unteren Extremität im Laufsport haben.

Methodik: In den Datenbanken Medline, PEDro und Pubmed wurde nach relevanten Studien gesucht. Weiter lieferten die Literaturverzeichnisse relevanter Reviews eine gute Übersicht über themenspezifische Studien.

Im theoretischen Teil wird auf die Biomechanik und Kinematik des Laufens, die Beschreibung der behandelten klinischen Bilder (Patellofemorales Schmerzsyndrom, Iliotibiales Bandsyndrom, Plantarfasziitis, Periostitis tibiae/Tibiakantensyndrom, Achillessehnebeschwerden und Sprunggelenksdistorsionen), den Aufbau der Laufschuhe sowie die Komponenten für das Erreichen einer aktiven Fussstabilität eingegangen.

In der Diskussion werden die beurteilten Studien kritisch analysiert und in Bezug auf die Prävention verglichen.

Resultate: Es konnte gezeigt werden, dass die Fussstellung auf die Bodenreaktionskräfte (BRK) und damit auf die notwendige Dämpfung einen Einfluss hat. So erhöht eine maximale Pronation die medialen BRK. Bislang gibt es keine systematische Gradierung der Laufschuhparameter „Dämpfung“ und „Vorfussflexiblität“, was einen Vergleich schwierig macht. Neue Daten zeigen jedoch, dass Laufschuhkonzepte Hüft- und Kniegelenk stärker

1 Einfachheithalber wird in dieser Arbeit nur die männliche Form verwendet, ausgenommen sind Fälle in denen speziell die weibliche Form betont werden möchte.

belasten können als das Barfusslaufen. Es ist gut bekannt, dass verschiedene Verletzungen zu neuromuskulären und kinematischen Veränderungen führen können. Allerdings wurde bislang erst für Sprunggelenksdistorsionen gezeigt, dass mittels aktivem Fussstabilitätstraining die Wiederverletzungsrate gesenkt werden kann.

Schlussfolgerung: Es konnten keine Studien zum Thema aktive Fussstabilität im Laufsport gefunden werden. Es wird angenommen, dass Massnahmen zu deren Verbesserung von anderen Sportarten grundsätzlich übernommen werden können. Das Training der Fussstabilität für Laufsportler kann deshalb nur empfohlen werden. Eine interessante Fragestellung wäre, die Präventionsmöglichkeiten durch aktives Stabilisationstraining für den Laufsport im speziellen zu untersuchen. Die in der Laufschuhindustrie verwendeten Konzepte „stützen, dämpfen, führen“ sind bislang ungenügend hinsichtlich ihres Einflusses auf die Prävention untersucht worden. Hierzu wäre sicherlich eine unabhängige Gradierung der Faktoren zur Vergleichbarkeit verschiedener Modelle wünschenswert. Für einen ganzheitlichen Präventions- und Behandlungsansatz ist die Kombination einer individuell angepassten, aufbauenden Physiotherapie z. B. mit Training der aktiven Fussstabilität wichtig in Kombination mit der korrekten Auswahl des Laufschuhs.

Keywords: running shoe, running, injuries, lower extremity, prevention, proprioceptive training, coordinative training, foot

1.Einleitung 5
1.1.Einführung 5
1.2.Zielsetzung 6
1.3.Fragestellung 6
1.4.Methodik 7
2.Theorie 9
2.1.Biomechanik und Kinematik des Laufens 9
2.1.1.Grundlagen 9
2.1.2.Bewegungsablauf 10
2.1.3.Die Rolle der Pronation 11
2.1.4.Mögliche Verletzungsmechanismen 12
2.2.Klinische Bilder der Verletzungen der unteren Extremität im Laufsport 13
2.2.1.Patellofemorales Schmerzsyndrom 13
2.2.2.Iliotibiales Bandsyndrom 13
2.2.3.Plantarfasziitis 14
2.2.4.Tibiakantensyndrom 14
2.2.5.Achillessehnenbeschwerden 15
2.2.6.Sprunggelenksdistorsion 15
2.3.Laufschuhe 17
2.3.1.Aufbau von Laufschuhen mit Charakteristiken 17
2.3.2.Dämpfung 19
2.3.3.Fersenimpakt und Muskelvorspannung 20
2.3.4.Pronationskontrolle/individueller Bewegungsablauf 20
2.3.5.Passform 21
2.4.Aktive Fussstabilität 23
2.4.1.Propriozeption 24
2.4.2.Koordination 25

3.Studien 29
3.1.Studienvorstellung 29
3.2.Bewertung der Studien nach Law 35
3.3.Ergebnisse 38
4.Diskussion 42
4.1.Vergleich Laufschuh und aktive Fussstabilität in der Prävention 42
4.2.Schlussfolgerung 47
4.3.Evidenzbasierte Empfehlungen für die Praxis 48
5.Danksagung 50
6.Selbstständigkeitserklärung 50
7.Verzeichnisse 51
7.1.Literaturverzeichnis 51
7.2.Abbildungsverzeichnis 55
7.3.Tabellenverzeichnis 56
8.Anhang 57
8.1.Studienbeurteilungen 57
8.2.Artikel Sonntagszeitung vom 04.04.2010 82

1. Einleitung

1.1. Einführung

Gemäss Walther (2004) entstehen bei 37 - 56% der Läufer innerhalb eines Jahres laufassoziierte Verletzungen. Daraus betreffen die meisten Beschwerden die unteren Extremität inklusive Lendenwirbelsäule (LWS), wobei deren therapeutische Massnahmen in Bezug auf die Prävention wichtig scheint. Nach Pschyrembel (2004) wird Prävention folgendermassen definiert:

> Prävention (lat. Praevenire: zuvorkommen); vorbeugende Massnahme. Besonders in der Gesundheitspflege. Formen: 1. Primäre Prävention: Förderung der Gesundheit und Vermeidung von Erkrankungen durch Ausschaltung von gesundheitsschädigend geltenden Faktoren; 2. Sekundäre Prävention: Krankheitsfrüherkennung durch Sicherstellung frühst möglicher Diagnose und Therapie; 3. Tertiäre Prävention: Begrenzung beziehungsweise Ausgleich von Krankheitsfolgen, Vermeidung erneuter Krankheitsperioden. (S. 1473)

In der vorliegenden Arbeit wird der Schwerpunkt auf die primäre und die sekundäre Prävention gelegt.

Funktionelle Aktivitäten der unteren Extremität beinhalten nicht nur Bewegungen eines Gelenkes, sondern koordinierte Bewegungsabläufe in der nachfolgenden unteren kinetischen Kette (Zampagni, Corazza, Paladini und Marcacci, 2009). Aufgrund dieser Aussage wird angenommen, dass die Stabilität des Fusses weiterlaufend eine wichtige Rolle für die Stabilität des Knie- und Hüftgelenkes spielt. Die Füsse sind Stützen für den ganzen Körper.

Aktuellste Studien zeigen auf, dass die Hüfte durch das Tragen von Laufschuhen im Durchschnitt um 54 % stärker belastet werden als beim Barfusslauf. Auch die Krafteinwirkung auf die Knie ist mit Laufschuhen zwischen 36 und 38 % höher als beim Barfusslaufen (Kerrigan, Franz, Keenan, Dicharry, Della Croce und Wilder, 2009). Solche und andere Forschungsergebnisse zeigen, dass eine Unsicherheit über das „Schuhwerk“ des Läufers im Zusammenhang mit Verletzungen besteht.

Laut Johnston, Taunton, Lloyd-Smith, und McKenzie (2003), zählen Fehl- und Überbelastungen im Training, ungünstige Trainingsuntergründe, Laufschuhe, schlechtes Alignment der Beine sowie Muskeldysbalancen und schlechtes Gleichgewicht zu den meist diskutierten Verletzungsursachen im Laufsport. Gemäss Villiger et al. (2000) können nachfolgende strukturelle Fehlstellungen muskuläre Dysbalancen verursachen: Fussstatik (z.B. Knicksenkfuss), Gelenkinstabilitäten (z.B. OSG oder Knie), statische Fehlformen (z.B. Genua

valga), Beinlängendifferenzen sowie Arthrosen. Im Weiteren wird erklärt, dass bei typischen chronischen Überlastungsbeschwerden meist ein muskuläres Ungleichgewicht vorhanden ist.
Oben genannte sowie diverse weitere Untersuchungen beschreiben unzählige Faktoren intrinsischer und extrinsischer Art, die zu Verletzungen der unteren Extremität im Laufsport führen können. Daraus ergeben sich diverse Ansätze der Prävention. Es werden unter anderem dem Fuss des Läufers angepasste Laufschuhe sowie Kraft- und Gleichgewichtsprogramme für die Verletzungsprophylaxe empfohlen.
In dieser Arbeit werden lediglich die Laufschuhversorgung und die aktive Fussstabilität behandelt. Vorliegende Arbeit befasst sich demnach mit der Verletzungsprävention der unteren Extremität im Laufsport, wobei die Laufschuhversorgung der aktiven Fussstabilität gegenübergestellt wird. Der Ausdruck „aktive Fussstabilität“ steht in dieser Literaturübersicht als Oberbegriff für die Koordination, die Propriozeption, die Kräftigung sowie das Gleichgewicht. Aus diesem Grund haben sich die Autorinnen entschieden, die Bestandteile Koordination und Propriozeption genauer zu beschreiben. Die Auswahl der bearbeiteten Verletzungen beruht auf die physiotherapeutische Behandlungsrelevanz, sowie deren Häufigkeit im Laufsport (Prävalenz, Epidemiologie).

1.2. Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist es, bezüglich der Prävention von Verletzungen der unteren Extremität im Laufsport eine evidenzbasierte Empfehlung an die Praxis zu geben.
Im theoretischen Teil werden Hintergrundinformationen über die Biomechanik und Kinematik des Laufens, eine Übersicht der ausgewählten Krankheitsbilder und deren Ätiologien, die Beschreibung der Laufschuhe sowie der Komponenten für das Erreichen einer aktiven Fussstabilität geliefert.
Der Fokus dieser Arbeit liegt bei der Gegenüberstellung des Laufschuhes und dem muskulär stabilen Fuss was, in Bezug auf die verletzungspräventive Wirksamkeit verglichen und kritisch diskutiert wird.

1.3. Fragestellung

Es ergibt sich folgende Fragestellung:
„Prävention von Verletzungen der unteren Extremitäten im Laufsport – Laufschuh versus aktive Fussstabilität – ein evidenzbasierter Vergleich.“

1.4. Methodik

Um Aussagen über die Prävention von Verletzungen der unteren Extremität im Laufsport machen zu können werden zunächst (A) biomechanische und kinematische Grundsätze des Laufens erläutert. Weiter ist es notwendig, (B) verschiedene Krankheitsbilder der unteren Extremität im Laufsport zu beschreiben. Es werden sechs physiotherapeutisch relevante klinische Bilder von häufigen Laufsportverletzungen in ihrer Ätiologie dargestellt (Femoropatellares Schmerzsyndrom, Iliotibiales Bandsyndrom, Plantarfasziitis, Tibiakantensyndrom, Achillessehnebeschwerden und Sprunggelenksdistorsion). (C) Die verschiedenen Technologien und Charakteristiken der Laufschuhe werden ebenfalls erläutert. (D) Im Weiteren wird die aktive Fussstabilität, insbesondere deren wichtigen Bestandteile Propriozeption und Koordination definiert.
Infolge fehlender Evidenz der Zusammenhänge bezüglich eines präventiven Effektes von Laufschuhen versus aktiver Fussstabilität, werden im Diskussionsteil diesbezüglich aufgrund vorliegender Daten verschiedene Hypothesen gebildet.

Die Literatur wurde in den relevanten Datenbanken Pubmed, Medline, PEDro und CINHAL anhand Keywords gesucht. Die Begriffe „biomechanic“ und „running“ ergaben Literatur zum Thema der Biomechanik im Laufsport. In der Sportmedizin gilt Nigg als erfahrener Biomechaniker, dessen Name immer wieder in relevanten Studien erscheint. Aus diesem Grund wurde zur Thematik Biomechanik weitere Studien mit dem Autorennamen „Nigg“ gesucht. Es wurde mit dem Begriff „injuries“ und der Begriff „running“ oder „sport“ Studien mit Verletzungsbildern sowie deren Definitionen und Ätiologien im Laufsport gefunden. Die Suche mit dem Schlagwort „runningshoes“ ergab Informationen zu Laufschuhen. Um spezifischere Literatur zu finden wurde der Begriff „runningshoes“ mit dem Begriff „prevention“ kombiniert. Um Angaben über das propriozeptive Training, sowie den verschiedenen Trainingsvarianten und dessen Einfluss auf die Prävention von Verletzungen der unteren Extremität zu finden, wurden die Keywords „balance board training“ mit „proprioception“ verknüpft. Im Weiteren wurden die Studien zum Theorieteil aktive Fussstabilität mit den Begriffen „neuromuscular training“ oder „coordinative training“ gesucht. Ebenfalls konnten zum Thema aktive Fussstabilität Studien mit den Begriffen „strength training“, „prevention“ and „running“ wichtige Informationen für den Theorieteil liefern. Die Literaturverzeichnisse relevanter Reviews lieferten eine gute Übersicht über themenspezifische Studien. Weiter wurden wir auf aktuelle Studien zum Thema Laufschuhe in einem Artikel der Sonntagszei-

tung (Ausgabe vom 04.04.2010) aufmerksam. Ergänzend wurde zu den einzelnen Bereichen, Fachliteratur in der Bibliothek der ZHAW Departement Gesundheit, sowie der ETH Zürich, die verschiedenen bereits erwähnten Datenbanken und über die Internetplattform (www.nebis.ch) gefunden. So wurden sechs Studien zu Laufschuhen, biomechanischen Unterschieden (gesund/verletzt), sowie zur aktiven Fussstabilität nach den Kriterien der Quantitativen Review Form von Law et al. (1998) ausgewählt und beurteilt. Das Formular von Law et al. wurde mit eigenen Kriterien angepasst.
Die erwähnten Studien wurden nach folgenden Ein-und Ausschlusskriterien ausgewählt. Die Studien sollten im Bereich der Laufschuhe mit Läufern aus dem Breitensport in Mittel- und Langdistanz (ohne Sprint) durchgeführt werden. Als Ausschlusskriterium galt, wenn ergänzende Massnahmen, wie Einlagen, Orthesen etc. ergriffen wurden. Das Kriterium der Laufsportler konnte für die Fussstabilität nicht eingehalten werden, da im Bereich Koordination, Propriozeption oder Fussgymnastik im Laufsport wenige bis keine relevanten Studien gefunden werden konnten. Deshalb wurde die Suche nach relevanten Studien auf den gesamten Bereich Sport ausgeweitet. Bei der Studienauswahl bezüglich den biomechanischen Differenzen von gesunden und verletzen Athletinnen und Athleten, wurden evidenzbasierte Publikationen zu den ausgewählten Verletzungen der unteren Extremität im Laufsport gesucht. Alle zu bewertenden Studien sollen nicht älter sein als zehn Jahre.

Die Diskussion beinhaltet eine Gegenüberstellung und kritische Betrachtung der Forschungsliteratur (Laufschuh, aktive Fussstabilität, Biomechanik). Weitere orthopädische sowie therapeutische Interventionen werden in dieser Arbeit nicht behandelt. Biomechanische Aspekte, die durch die Laufschuhversorgung und/oder eine aktive Fussstabilität verändert werden können, werden ebenfalls aufgegriffen.

2. Theorie

2.1. Biomechanik und Kinematik des Laufens

2.1.1. Grundlagen

Die Struktur und Mobilität des Fusses und -gelenkes spielen laut Donatelli (2007) eine grosse Rolle bei der Schockabsorption auf die proximalen Segmente der unteren Extremität. Der Fuss sowie das Fussgelenk agieren als erste auf die Bodenreaktionskräfte und sind somit verantwortlich für die Schockabsorption weiterlaufend in der kinetischen Kette (Abb. 1). Demzufolge wird es als sinnvoll erachtet, dass zuerst einige Grundlagen der Anatomie des Fusses aufgegriffen werden, bevor weiter in die Biomechanik des Laufens eingegangen wird.

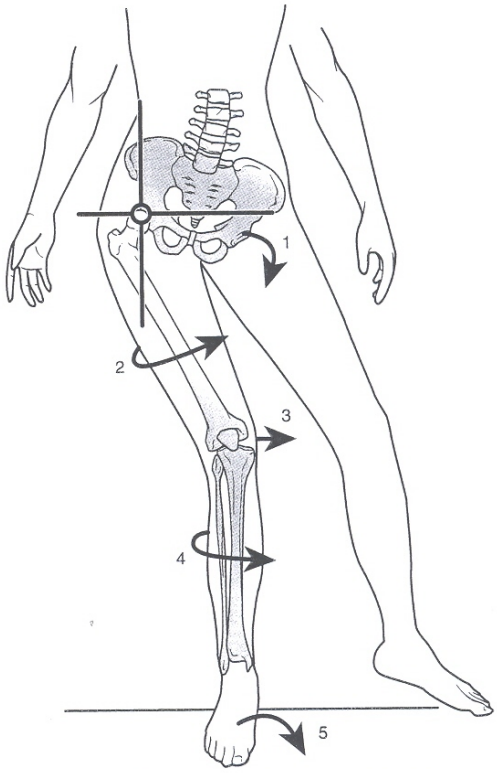


Abb. 1: Reaktion der Kinetischen Kette (Fuss - Knie - Hüfte) mit einem ungünstigen funktionellen Alignment.

Hohmann und Zollinger (2007) gehen davon aus, dass „normale“ Füsse nicht auf Grund ihrer Form, sondern aufgrund ihrer Funktionalität definiert werden. Dazu gehören Schmerzfreiheit, die Gewichtsverteilung während Gang- und Standphase auf Gross-, Kleinzehenballen und Ferse, sowie einer neutralen In-/Eversionsstellung des Rückfusses.

2.1.2. Bewegungsablauf

Hohmann et al. (2007) beschreiben, dass die initiale Belastung des Ganges mit dem Aufsetzen der Ferse beginnt, wobei der postero-laterale Rückfuss mit 100-125% des Körpergewichtes belastet wird. Während dieser Phase ist die Einwirkung der vertikalen Kraft auf den Fuss am grössten. Da die Standphase beim Laufen im Gegensatz zum Gehen von 0.6 auf 0.2 Sekunden verkürzt ist, erhöhen sich die vertikalen Kräfte dementsprechend auf das zwei- bis dreifache des Körpergewichtes. In dieser Phase spielen die Absorption und Verteilung der Kräfte eine grosse Rolle. Es wird erwähnt, dass mit passendem Schuhwerk bis zu 20% der vertikal einwirkenden Kräfte beim initialen Bodenkontakt verringert werden können. In einem nächsten Schritt wird die Belastung medial auf den Mittelfuss verlagert, wobei die Belastung des Rückfusses auf 30% des Körpergewichtes reduziert wird. Weiter werden die Kräfte auf die Metatarsalköpfe verlagert, wobei Caput Metatarsale II und III am meisten belastet werden. Es lasten noch ungefähr 70% des Körpergewichtes auf dem Fuss. Wird die Ferse vom Boden abgelöst und der Zehenabstoss findet statt, ist die Druckbelastung unter dem Metatarsale I Köpfchen am höchsten. Ebenso ist das Zusammenspiel der Gelenke der unteren Extremität während der Aufsetzphase in Anbetracht der Schockabsorption wichtig. Hierzu zählen Knie, Hüft und oberes Sprunggelenk sowie die Pronation des Rückfusses, woraus die Flexibilität - also Dämpfungseigenschaft - des Fusses entsteht (Waizy und Windhagen, 2008).

Die Bewegung der unteren Extremität während des Gehens wird durch Nigg (1998) als Rotation beschrieben, die in der Sagital-, Frontal- und Transversalebene stattfindet. Durch die erhöhte Geschwindigkeit beim Laufen wird die Rotation in der Transversalebene sehr komplex. Die Schockabsorption geschieht durch die Flexion des Hüft- und Kniegelenkes, der Dorsalflexion im oberen und der Pronation im unteren Sprunggelenk. Während des initialen Bodenkontaktes ist besonders der M. tibialis posterior für die Stabilität im Sprunggelenk verantwortlich. Die Anpassungsfähigkeit des Fusses resultiert aus der Pronation des unteren Sprunggelenkes und anderen Fussgewölbe stabilisierenden Mechanismen. Hier scheint wiederum der M. tibialis posterior eine wichtige Rolle zu spielen, indem er das Fussgewölbe stabilisiert und die Pronation kontrolliert.

2.1.3. Die Rolle der Pronation

Waizy und Windhagen (2008) schreiben, dass die Pronation des Sprunggelenks als natürliches Dämpfungssystem gelte. Die Pronation ergibt sich aus einer kombinierten Bewegung aus dem oberen und dem unteren Sprunggelenk. Dabei kommt es nach Donatelli (2007) zu einer Eversion des Calcaneus, Adduktion des Talus, und talare Plantarflexion (Abb. 2).

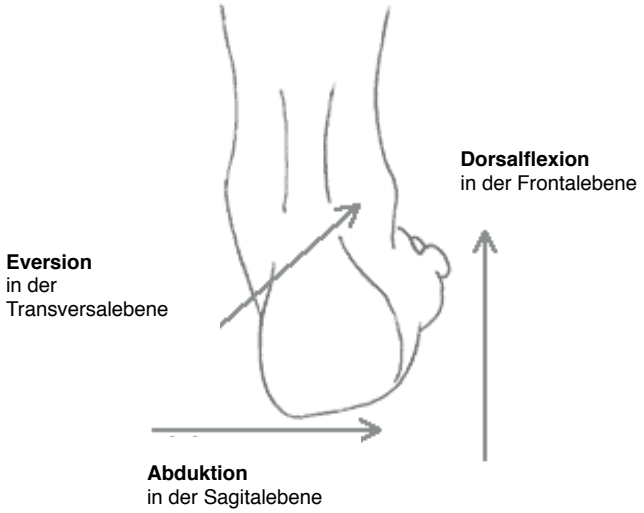


Abb. 2: Die Pronation des Fusses.

Die Pronation des Rückfusses führt zu einer Innenrotation der Tibia (Hintermann und Nigg, 1995), dies wiederum zu einer Knieflexion und einer relativen Aussenrotation des Femurs. Somit hat die Pronation des Fusses direkten Einfluss auf das Knie- sowie das Patellofemoralgelenk. Weiter wurde herausgefunden, dass verletzungsfreie Läuferinnen und Läufer während der Standphase beim Laufen schneller pronierten als solche die schon einmal verletzt waren. Es wird angenommen, dass die Pronation dem Fuss Stabilität während des Abstosses gewährleistet, indem im Mittelfuss (Chopart-Gelenk) ein Joint-Locking Mechanismus stattfindet (Balckwood, 2005). Repetitive Belastungen mit inadäquater oder übertriebener Pronation und Supination sind verbunden mit einer verminderten Fähigkeit der Schockabsorption der unteren Extremität. Dies wird als Ursache für Verletzungen wie das Iliotibiales Bandsyndrom, Patellofemorales Schmerzsyndrom, Achillesehnenbeschwerden, Plantarfasziitis angesehen (Donatelli, 2007).

Nigg (1998) erwähnt, dass eine übermässige Pronation im Laufsport zu Überbelastungsverletzungen der unteren Extremität führen kann. Diese machen jedoch nicht mehr als 10% der Verletzungen aus.

2.1.4. Mögliche Verletzungsmechanismen

Laut Nigg (2001) ist es überraschend, dass Personen mit hohen vertikalen Bodenreaktionskräften signifikant weniger Laufverletzungen aufweisen, als solche mit tiefen Bodenreaktionskräften. Auf Grund dieser Erkenntnis wird vermutet, dass die Schockabsorption nicht Hauptursache für die Entstehung von vielen Verletzungen im Laufsport ist. Dies hat die biomechanische Ausstattung von Laufschuhen der 2000er Jahre im Vergleich zum Vorjahrzehnt signifikant verändert. Generell hat die initiale Belastung einen positiven Effekt auf den Knochenbau, vorausgesetzt die Belastung findet nicht in einem übermässigen Rahmen statt. Weiter schreibt Nigg (2001) das Muskeltuning, welches aufgrund der Bodenreaktionskräfte die beim initialen Bodenkontakt entstehen, vielmehr ein Input Signal (Amplitude und Frequenz) ist welches Knochen- und Weichteilvibrationen des Beines produziert. Solche Weichteilvibrationen würden viel Energie kosten, wären nicht komfortabel und sind während des Laufens nur sehr kurz und schwer gedämpft. Deshalb wird angenommen, dass die Muskulatur vor der Belastung aktiviert wird, um ein gedämpfte Vibrationssystem zu kreieren.

Während des initialen Bodenkontaktes berührt der Calcaneus den Boden und bewegt sich in Richtung Eversion bis zur mittleren Standphase. Die Eversion im Calcaneus leitet durch den Talus eine Innenrotation der Tibia ein. Die Übertragung der Eversion des Calcaneus zur Innenrotation der Tibia wird mit Überbelastungen im Knie in Zusammenhang gebracht. Jedoch spielt nicht nur das Ausmass der Eversion, sondern auch, wie die Eversion zur Tibiarotation transferiert wird eine wichtige Rolle in der Entstehung von Knieschmerzen. Es wird vermutet, dass Personen mit einem hohen Grad der Eversionsübertragung potentiell eher an Überlastungen und Verletzungen des Knies leiden (Nigg, 1998).

2.2. Klinische Bilder der Verletzungen der unteren Extremität im Laufsport

Laut Mayer, Grau, Baur, Hirschmüller, Horstmann, Gollhofer und Dickhuth (2001) sind im Laufsport die Achillessehne, die Knieregion, die Plantaraponoeurose sowie die vordere Schienbeinkante häufig von Verletzungen betroffen. Ebenso wird die untere LWS erwähnt, was für diese Arbeit nicht relevant ist.

Die Autoren haben sich aufgrund der Epidemologie und der physiotherapeutischen Relevanz auf folgende klinische Bilder beschränkt: Femoropatellares Schmerzsyndrom, Iliotibiales Bandsyndrom, Plantarfasziitis, Tibiakantensyndrom, Achillessehnenbeschwerden und Sprunggelenksdistorsionen.

2.2.1. Patellofemorales Schmerzsyndrom

Krankheitsbild

Die belastungsabhängigen Schmerzen, welche sich laut Mayer et al. (2001) auf das femoropatelläre Gleitlager beziehen, werden auch als „Anterior Knee Pain“ bezeichnet. Peterson und Renström (2002) beschreiben die Beschwerden als grossflächige Schmerzen an der Vorderseite des Kniegelenkes und retropatellär. Es kann eine lokale Druckempfindlichkeit medial und lateral der Patella bestehen.

Ätiologien

Laut Peterson et al. (2002) sind Trauma, Achsenfehlstellung oder Instabilitäten mögliche Auslöser von patellofemoralen Schmerzen. Mayer et al. (2001) erwähnen, dass muskuläre Dysbalancen der Quadricepsanteilen Ursachen für eine veränderte Statik und somit andere Belastungen während des Laufens sein können. Diese könnten eine entzündliche Reaktion auslösen.

2.2.2. Iliotibiales Bandsyndrom

Krankheitsbild

Peterson et al. (2002) beschreiben das Iliotibiale Bandsyndrom als schmerzhafter Zustand, der an der Aussenseite des Kniegelenkes lokalisiert ist.

Ätiologien

Da der Tractus iliotibialis aufgrund seines Verlaufes bei der Streckung des Kniegelenkes vor dem lateralen Femurkondylus liegt und bei einer Beugung von 30° über die Kondyle gleitet, kommt es zu Reibung. Als Folge kann eine Entzündung des Tractus iliotibialis auftreten (Peterson et al., 2002).

2.2.3. Plantarfasziitis

Krankheitsbild

Laut Bartold (2007) gibt es viele Bezeichnungen für das Krankheitsbild Plantarfasziitis, darunter auch „Läuferferse“ oder „Fersensporn“.

Die Plantarfaszie, auch Plantaraponeurose genannt, verläuft vom medialen Calcaneus bis zu den Bändern des Vorfusses. Die Aponeurose wird laut Peterson et al. (2002) während der Abdruckphase gedehnt. Durch diese Spannung wird das Längsgewölbe stabilisiert.

Oft beginnen die Beschwerden schleichend. Zudem beschreibt Barton (2007) starke Anlaufschmerzen, die zum Beispiel zu Beginn einer Aktivität auftreten. Weiter gibt der Patient gut lokalisierbaren Druckschmerz über dem Ansatz am Calcaneus an.

Ätiologien

Barton (2007) schreibt, dass es keinen Zusammenhang zwischen Trainingsdauer oder Häufigkeit und einer Plantarfasziitis gibt. Peterson et al. (2002) erwähnt, dass die Ursache der Plantarfasziitis noch nicht genau bekannt sei. Bei einer übermässigen Pronation des Fusses ist die Wahrscheinlichkeit an einer Überlastung im Bereich der Plantaraponeurose zu leiden, höher. Ebenso können längere sportliche Aktivitäten mit Schuhen ohne ausreichende Unterstützung des Längsgewölbes zu Beschwerden führen.

2.2.4. Tibiakantensyndrom

Krankheitsbild

Peterson et al. (2002) beschreiben das Tibiakantensyndrom als diffuse Druckempfindlichkeit im Längsverlauf der distalen medialen Tibiakante die unter Belastung auftritt.

Ätiologien

Es werden verschiedene Entstehungsmechanismen diskutiert. Laut Mayer et al. (2001) konnte bisher aber nur die Umfangssteigerung des Lauftrainings auf über 32 km/Woche eindeutig als Ursache nachgewiesen werden. Weiter werden jedoch Veränderungen der Trainingsbedingungen, wie das Wechseln des Untergrundes/Bodenbelages, Schuhversorgung oder Intensität des Trainings, sowie eine insuffiziente mediale Rückfussstabilisierung mit schwachem M. tibialis posterior in Betracht gezogen.

2.2.5. Achillessehnenbeschwerden

Krankheitsbild

Laut Mayer et al. (2001) wird unterschieden zwischen akuter Entzündung, der Tendinitis, die sich mit belastungsabhängigen Schmerzen zeigt und der degenerativen Veränderungen, die oft zu stechenden Schmerzen und Anlaufschwierigkeiten führen. Wichtig ist es, die Achillessehnenbeschwerden aufgrund ihrer Lokalisation zu unterscheiden.

Ätiologien

Peterson et al. (2002) unterscheiden zwischen extrinsischer und intrinsischer Faktoren, die für das Auslösen von Achillessehnenbeschwerden verantwortlich sein können. Als häufige extrinsische Faktoren werden plötzliche Änderungen der Aktivitäten sowie Bodenbeschaffenheit oder Trainingsumfang genannt. Ebenso können spezielle Bewegungen im Sport mit hoher Belastung auf die Achillessehne Verletzungen verursachen.

Als Intrinsische Faktoren die zu Beschwerden der Achillessehne führen können gelten Achsenfehlstellungen, übermässige Pronation sowie muskuläre Dysbalancen. Bei einer um 10° vermehrter Pronation erhöht sich die Belastung der medialen Seite der Achillessehne um 20% gegenüber der neutralen Position.

2.2.6. Sprunggelenksdistorsion

Krankheitsbild

Nach Hatcher und Tetsworth (2007) sind Sprungelenksdistorisonen mit 40% die häufigsten Sportverletzungen. Bei Sprunggelenksdistorsionen und Luxationen sind hauptsächlich die Innen- und Aussenbänder betroffen. Bei jungen Leuten mit kräftigen Bändern können auch Knochenfragmente im Bereich des Bandansatzes abgerissen werden, bei dem die Bänder intakt bleiben. Eine Aussenbandzerrung entsteht oft durch ein Supinationstrauma. In zwei Dritteln der Fälle besteht eine isolierte Ruptur des Ligamentum fibulotalare anterius.

In 20-25% der Fälle folgt tritt gemäss Peterson et al. (2002) ausserdem eine kombinierte Ruptur des Ligamentum fibulotalare anterius sowie des Ligamentum fibulocalcaneare auf. Wenn der Fuss aussenrotiert und proniert wird, kann eine Zerrung des Innenbandes, also des medialen Ligamentum deltoideum auftreten.

Nach Hohmann et al. (2007) können zur Beschreibung aller Bandverletzungen nach Distorsionen folgende Grade eingeteilt werden:

Grad 1: Dehnung des Ligaments

Grad 2: Teilruptur des Ligaments

Grad 3: Komplette Ruptur des Ligaments

Ätiologien

Laut Fong, Chan, Mok, Yung, Chan (2009) entstehen die meisten lateralen Sprunggelenksdistorsionen durch eine erhöhtes Supinationsmoment im unteren Sprunggelenk. Weiter wird die verspätete Reaktionszeit der Peronealmuskulatur (M. peroneus longus und M. peroneus brevis) an der lateralen Seite des Fusses als mögliche Ursache genannt.

2.3. Laufschuhe

Der Laufschuh stellt die direkte Verbindung zwischen dem Körper und dem Untergrund dar. Reinschmidt und Nigg (2000) berichten über Studien, bei welchen die exzessive Pronation beziehungsweise exzessive Auftrittskräfte als grösste Verletzungsursache gehandelt werden. Daraus entstanden Spekulationen, dass die Verringerung dieser Impulsbelastung des Fusses beim Auftreffen auf den Untergrund eine Reduktion von Verletzungen mit sich bringen könnte. Die Designkonzepte für Laufschuhe, sollen die Kriterien Limitierung der übermässigen Pronation, sowie die Verringerung der übermässigen Impulskraft beinhalten.

Gemäss Walther (2004) haben die bisherig untersuchten Grundsätze „Dämpfung“ und „Pronationskontrolle“ nicht zu einer grundlegenden Verminderung von laufassoziierten Verletzungen geführt. Es konnte keine Verbindung zu möglichen Verletzungen der Gelenke oder Knochen durch den Fersenaufprall hergestellt werden. Es konnte nicht bestätigt werden, dass die pronationskontrollierenden Komponenten des Laufschuhes einen Einfluss auf die Bewegung der unteren Extremität und deren Verletzungen hat. Somit wird empfohlen hinsichtlich weiterer gegenwärtiger Forschungsergebnisse, weitere Charakteristiken in der Sportschuhkonstruktion zu berücksichtigen. Neben den bisherigen Prinzipien „Stützen, Dämpfen, Führen“ sollen wichtige Grundsätze wie die Muskelvorspannung, der individuelle Bewegungsablauf, sowie die Passform in die Entwicklung des Laufschuhes aufgenommen werden.

Reinschmidt et al. (2000) zählen zu den wichtigsten funktionellen Ansprüchen eines Laufschuhes die Verletzungsprophylaxe, die Sport- und Sportarttauglichkeit und den Komfort des Laufschuhs. Der Schuh kann durch das Gewicht, durch eine eventuelle Veränderung des Laufstils oder durch den Energieerhalt die Leistung eines Sportlers beeinflussen.

2.3.1. Aufbau von Laufschuhen mit Charakteristiken

Zum Laufschuh zählen die Komponenten Laufsohle, Mittelsohle und Fersenkappe mit oder ohne Stabilisation. Weiter wird die Laufsohle, die Mittelsohle sowie der Schaft (Oberteil) mit Leder, Nylon oder Kunststoff verbunden. Ein zusätzliches Material unterstützt das Fussgewölbe (Hohmann und Noakes, 2007).

Die Sohle stellt die direkte Verbindung des Fusses beim Auftreffen auf den Untergrund dar, wobei die wichtigsten Merkmale die Griffigkeit und Resistenz gegen Abnutzung darstellen. Der Fersenbereich besteht aus sehr widerstandsfähigen Materialien, da dieser Bereich beim Aufsetzen des Fusses in der Standphase einer sehr hohen Belastung ausgesetzt ist.

Gemäss Walther (2004) zählen zur Sohle die Innensohle, die Brandsohle und die Aussensohle (Abb. 3). Die Mittelsohle übernimmt die Kernfunktion der Dämpfung und Stabilität. Bedeckt wird der Fuss vom Schaft, der aus dem Quartier, der Zunge (Lasche), dem Einschlupf, der Fersenkappe sowie aus dem Zehenraum besteht.

Abb. 3: Aufbau eines Laufschuhes

Die Fersenkappe, auch Fersenschale genannt, ist für die Passform und die Fixierung des Rückfusses (Ferse) entscheidend und spielt bei der Kraftübertragung eine wichtige Rolle. Die Fersenschalen bestehen aus Polyvinylchlorid (PVC) oder Nylon. Sie sind idealerweise asymmetrisch geformt, wobei die mediale Fussseite länger ist als die laterale (Czioska, 2002). Laut Walther und Mayer (2008) bezeichnen Leisten die Kernform, worum der Schuh konstruiert ist und daher eine wichtige Rolle spielt bei der Laufschuhherstellung in Bezug auf deren Grösse und Form. Verschiedene Leistenformen ermöglichen eine Laufschuhkonstruktion für diverse Formen von Füssen. Einerseits stehen die genannten Formen für Komfort, aber auch mehr Stabilität auf der Innenseite, was ein Vorteil für Laufsportler mit beweglichen Füssen darstellt.

2.3.2. Dämpfung

Gemäss Walther (2004) sind die Aufprallkräfte beim Fersenlauf diejenigen Kräfte, die sich beim Auftreten der Fersen auf den Untergrund ergeben. Der Höchstwert wird innerhalb der ersten 50 ms nach dem Bodenkontakt erreicht. Laut Walther und Mayer (2008), können aktuelle Ansätze bezüglich der Kausalität zwischen Fersenaufprallkräften beim Sport und Erkrankungen des Bewegungsapparates mittels inverser Dynamik gewonnen werden. Mit der inversen Dynamik können Belastungen, Momente, Hebelarme und externe Kräfte der biologischen Struktur berechnet werden. Damit sind die notwendigen Daten für professionelle und detaillierte Ganganalysen gegeben.

Die Berechnungen aus dem Literaturüberblick „Aktuelle Trends im Sportschuhbau“ (Walther, 2004) zeigen, dass die Beanspruchung von Knorpel, Bändern, Knochen und Sehnen der unteren Extremität nicht oder nur minimal von den Dämpfungseigenschaften der Sohle abhängig ist. Für Walther und Mayer (2008) stellt die Beanspruchung der unteren Extremität durch das Zusammenwirken von der Gelenkgeometrie, der muskulären Stabilisation und der extern einwirkenden Kräfte eine grössere Rolle.

Gemäss Walther et al. (2008) wird gegenwärtig der Vibrationseffekt der Weichteile beim Fersenaufprall diskutiert. Der Sportler ist bemüht die Vibrationsbewegungen aktiv (muskulär) zu verringern. Verschiedene Untergründe vermitteln dem Läufer ein unterschiedliches Laufgefühl, was zu Veränderungen der Vibrationen in den Weichteilen führen kann. Die unterschiedlichen Vibrationen beeinflussen die antizipative Muskelaktivität. Derzeit wird angenommen, dass die Müdigkeit, der Komfort, die Muskelarbeit und die Performance für

die Entstehung von Verletzungen eine grosse Relevanz darstellen. Die Aufprallkräfte während normaler sportlicher Aktivitäten können vernachlässigt werden.
Die Frage, wie viel Dämpfung sinnvoll ist, kann nicht konkret beantwortet werden. Gegenwärtige Überlegungen setzten beim Ausgleich der Differenz durch den Schuh zwischen einem Naturboden und einem Kunstboden an. Die Feststellung, dass zu viel, wie auch zu wenig Dämpfung problematisch sein kann, sollte grundlegend beachtet werden.

2.3.3. Fersenimpakt und Muskelvorspannung

Walther (2004) nimmt an, dass das muskuloskeletale System durch exzessive Stossbelastungen geschädigt werden könnte. Es wurden Hypothesen gebildet, dass der Körper die Stossbelastung bis zu einer gewissen Stärke absorbieren kann, diese Limitierung jedoch genetisch bedingt und daher individuell ist. Grundlegend kann auf dem aktuellen Forschungsstand angenommen werden, dass Aufprallkräfte für den Knochen, den Knorpel und die weiteren Bindegewebsstrukturen beim Laufsport unter normalen Umständen vom Körper toleriert werden. Zu kurze Regenerationszeiten können einen Einfluss haben auf den Knochen, der die Stosskräfte nicht mehr absorbieren kann. In der Folge kann es zu Ermüdungsbrüchen kommen. Interessante Ergebnisse verschiedener Experimente zeigen auf, dass sich der Läufer automatisch auf den Schuh und den Trainingsuntergrund einstellt. Es geschehen Veränderungen in der Fuss- und Beingeometrie, ebenfalls wird die Sprunggelenk- und die Kniegelenksteifigkeit angepasst und die Verbindung zwischen den weichen und eher steiferen Strukturen des Beins werden ideal eingestellt.

2.3.4. Pronationskontrolle/individueller Bewegungsablauf

Überlastungssyndrome im Kniebereich, wie Femoropatellares Schmerzsyndrom oder das Iliotibiale Bandsyndrom werden in der aktuellen Literatur mit einer übermässigen Fusseversion und Kräfteeinwirkungen infolge Tibiarotation in Verbindung gebracht. Weitere Folgen von Fehlstellungen können Periostitis, Achillodynien, Plantarfasziitis und Stressfrakturen sein (Walther, 2008).

Durch die bereits erwähnte inverse Dynamik konnten Kausalitäten zwischen der Pronation und Sportverletzungen gefunden werden. Die Gelenkmomente spielen bei der Ursachenfindung von Überlastungsbeschwerden eine wichtige Rolle. Walther et al. (2008) stellt fest, dass zwischen der Pronation und Rotations- und Abduktionsmomenten in der Tibia einer-

seits und mit den oben genannten Überlastungssyndromen andererseits ein Zusammenhang hergestellt werden kann. Aus den Messungen geht hervor, dass die maximale Pronation im Vergleich zur grossen Krafteinwirkung, bei welcher der Fuss beim Fersenaufsatz in die Pronation gedrückt wird, ein geringfügigeres Problem darstellt. Diese Krafteinwirkung, genannt Pronationswinkelgeschwindigkeit, kann je nach Aufbau des Schuhs doppelt so hoch sein wie beim Barfusslauf. Dies stellt eine enorme Belastung für den Fuss dar. Je breiter die Fersenparite zum Untergrund, desto höher ist die Pronationswinkelgeschwindigkeit (Abb. 4). Das heisst, je breiter die Fersenpartie ist, umso grösser ist die Beanspruchung der Tibialis posterior Sehne (Walther et al., 2008).

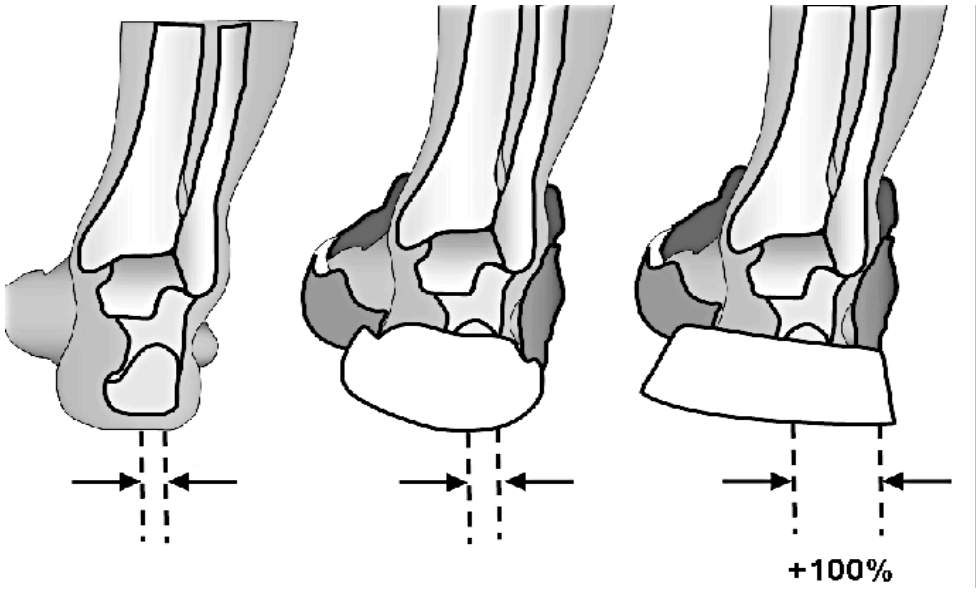


Abb. 4: Eine weit ausladende Fersenpartie kann über eine Verdopplung des Hebelarms zu einer erhöhten Pronationswinkelgeschwindigkeit führen, in Verbindung mit einer vermehrten Beanspruchung der Tibialis posterior Sehne.

2.3.5. Passform

Gemäss Walther (2004) bringt der Läufer die Passform eines Laufschuhes mit Komfort in Verbindung, woraus sich die Passform für den Sportler als eine der wichtigsten Eigenschaft des Laufschuhes erweist. Im Weiteren wird der Begriff Komfort auch für die Beurteilung des natürlichen Abrollverhaltens des Schuhes benützt. Verglichen mit den mechanischen Charakteristiken des Schuhes, stellt die Passform eine individuelle subjektive Beurteilung durch den einzelnen Läufer dar. Durch objektive Testverfahren können die Dämpfungseigenschaften und der Mechanismus unabhängig vom Läufer beurteilt werden (Walther et al., 2008). Die Bewegung im Schuh wird jedoch von allen drei Funktionen (Dämpfung, Mechanismus, Passform) beeinflusst. Die subjektive Bewertung des Laufschuhes

basiert primär auf der Passform. Ein offener Diskussionspunkt bleibt, welchen Zusammenhang eine gute Passform im Fersenbereich mit einer Reduktion der Pronationswinkelgeschwindigkeit aufweist (Walther et al., 2008).

2.4. Aktive Fussstabilität

Die unteren Extremitäten sind als funktionelle Einheit des Bewegungsapparates zu betrachten. Der Fuss besteht aus 26 Knochen, die durch über 30 Gelenke miteinander verbunden sind. An den Bewegungen sind ungefähr 30 Unterschenkel- bzw. Fussmuskeln beteiligt.

Der menschliche Köper verfügt über stabilisierende und mobilisierende Muskeln. Die Mobilisatoren sind für die Bewegungen zuständig. Im Gegensatz dazu sorgt die stabilisierende Muskulatur primär für die aktive Stabilität eines Gelenkes. Nicht nur um sportlich gute Leistungen erzielen zu können, sondern auch im Alltag ist die aktive Fussstabilität wichtig. Dies zeigt sich während der verschiedenen Gangphasen mit den Merkmalen: Aufsetzen, Stossdämpfung, Abrollen und Abstossen. Der Grundsatz „Füsse, die Stützen der Leistungen“ zeigt, wie wichtig ein aktiv stabilisierter Fuss ist (Schneider und Troxler, 2006).

Gemäss Ergen und Ulkar (2008) bedeuten gute Propriozeption und Koordination, dass alle Komponenten des muskuloskeletalen Bereichs im Gleichgewicht stehen (Abb. 5). Dieses Gleichgewicht ist wichtig um Überbelastungen der verschiedenen Strukturen zu vermeiden. Die Fähigkeit der stabilisierenden Muskulatur, zusammen mit der Unterstützung der mechanischen Stabilisatoren (Kapsel-/Bandapparat) eines Gelenkes werden als dynamische, funktionelle Gelenkstabilität bezeichnet. Dies kann als Produkt des propriozeptiven Systems definiert werden.

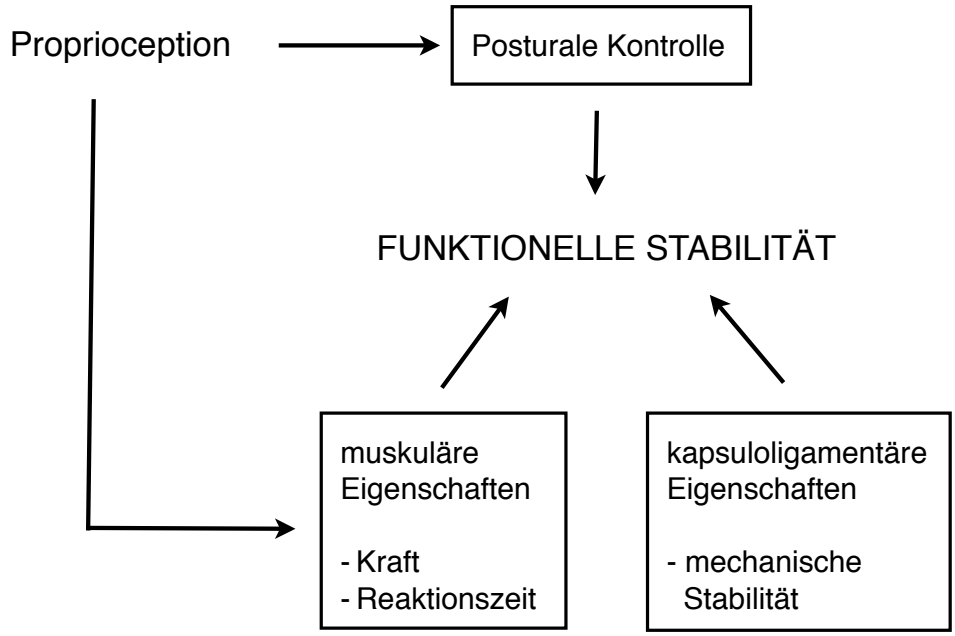


Abb. 5: Die Komponenten der Funktionellen Stabilität.

2.4.1. Propriozeption

Gemäss Pschyrembel (2004) bedeutet Propriozeption:

> syn. Tiefensensibilität; Wahrnehmung der Stellung und Bewegung des Körpers im Raum; durch spezifische Sensoren (Propriosensoren) registrierte Informationen über Muskelspannung (Golgi-Sehnenorgan), Muskellänge (Muskelspindel) und Gelenkstellung bzw. –bewegung werden zum Teil auf Rückenmarkebene (monosynaptisch) verschaltet (propriozeptive Reflexe), vor allem aber unter Einbeziehung der Afferenzen von Vestibularapparat und Mechanosensoren der Haut zentral (in Kleinhirn od. Gyrus postcentralis) verarbeitet. (S. 1484)

Des Weiteren wird die Kinästhesie als Qualität der Propriozeption, speziell als Empfindung der Bewegung des Körpers definiert.

Eine ältere Definition der Propriozeption von Quante et al. (1999):

> Propriozeption ist ein Sinnessystem, das die bewusste und unbewusste Verarbeitung afferenter Information über Gelenkstellung, -bewegung und -kraft durch das Zentralnervensystem darstellt. Im Weiteren Sinne kommt die afferente Information aus Gleichgewichtsorgan und das Auge hinzu. Die integrative Verarbeitung propriozeptiver Information durch das Zentralnervensystem beeinflusst die Funktion und Koordination der Motorik wesentlich. (S. 306-310)

Eine geschädigte oder mangelhafte propriozeptive Leistung stellt eine häufige Ursache für verschiedene neuromuskuläre Dysbalancen, sowie spezielle Verletzungsmuster und deren Folgen dar. Weitere Ergebnisse verschiedener Untersuchungen bestätigen eine reduzierte Propriozeption in grossen Gelenken, bei Dysfunktionen des Bewegungsapparates und typischen Verletzungen. Die verminderte Propriozeption hängt mit Verletzungen zusammen, besonders wenn keine Fremdeinwirkung zur Verletzung beigetragen hat. Bereits Mikroverletzungen stellen eine Schädigung für die propriozeptiven Strukturen dar. Daraus können grössere Verletzungen resultieren. Verschiedene Studien bestätigen, dass ein gezieltes Propriozeptionstraining die Verletzungshäufigkeit wesentlich vermindert (Quante et al., 1999).

Die Propriozeption wird aus dem Lateinischen mit der „Eigenwahrnehmung“ übersetzt. „Proprio-“ wird definiert durch „Selbst“, wobei der zweite Teil des Wortes „-zeption“ mit „annehmen“, „empfangen“ erklärt wird. Diese Eigenwahrnehmung ist dauernd aktiv und beinhaltet einen Schutzmechanismus, der mit dem nachfolgenden Beispiel verdeutlicht wird. Wird eine leichte Sprunggelenksdistorsion in Zeitlupentempo beschrieben, bewegt sich der Fuss in eine übermässige Supination. Die sensiblen afferenten Nervenendigungen nehmen die unphysiologische Gelenkstellung wahr. Die Efferenzen wirken der übermässigen Supination aktiv entgegen (Larsen, 2007). Sie sind ein wichtiger Bestandteil des sensomotorischen Kreislaufes, gehören jedoch nicht zur Propriozeption. Im Buch von Lar-

sen (2007) „Gut zu Fuss ein Leben lang“ wird ein gezielter Aufbau für die Verbesserung der aktiven Fussstabilität empfohlen. Begonnen wird mit der Wahrnehmungsschulung, welches die Entwicklung eines bewussten Gefühls für die Füsse darstellt. Gesteigert wird mittels Beweglichkeitsübungen vor den Kräftigungsübungen, wobei die genannten Aspekte im Stehen und Gehen umgesetzt werden. Eine weitere Herausforderung stellt das schnelle agieren der Fussmuskulatur dar.

Methoden des propriozeptiven Trainings und deren Ziele

Als wesentliche Ziele des propriozeptiven Trainings gelten gemäss Quante et al. (1999) die Aktivierung von propriozeptiven Mechanismen, sowie das motorische Lernen. Mittels ständiger Anpassungen der motorischen Aktivität über die afferenten Bahnen während einer Übung, werden propriozeptive Reize gesetzt. Das Spektrum des propriozeptiven Trainings ist weit und kann auf instabilen Untergründen (z.B. Balanceboards, weiche Airex Pads, Wackelbretter) ausgeführt werden. Zusätzlich kann die obere und untere Extremität in der geschlossenen Kette trainiert werden. Propriozeptive Trainingselemente können in normale Laufeinheiten eingebaut werden. Beispiele dafür sind Trainings auf unebenem Untergrund, im feuchten Gras, Steinen und Sand.

Es bleibt die Frage, inwiefern die Propriozeption isoliert trainiert werden kann. Zur posturalen Kontrolle während einer Übung gehört immer die ganze Sensomotorik.

2.4.2. Koordination

Zu Beginn werden verschiedene Begriffsdefinitionen der Koordination aus unterschiedlicher Literatur erläutert. Für Hotz und Weineck (1988) bedeutet Koordination eine „Individuell-sinnvolle, situativ variable Verfügbarkeit“. Im Pschyrembel (2004), wird die nachfolgende Definition gefunden:

> Abstimmung und Zusammenwirken von Funktionen, neurologisch insbesondere als Synergie der Muskulatur bei Bewegungsabläufen; die neurologische Prüfung der Koordination umfasst bei Säuglingen und Kleinkindern die Auslösung der Lagereaktionen durch plötzlich veränderte Körperlage, bei Erwachsenen Bárány-Zeigeversuch, Fingerversuch, Finger-Nase-Versuch, Imitationsphänomenen, Romberg-Versuch, Unterberger-Tretversuch, Prüfung der Diadochokinese, Untersuchung des Gehens. Störungen der Koordination, zum Beispiel Ataxie, Gangstörungen, Dysmetrie oder Bradyteleokinese treten nach Schädigung des Gehirns, Rückenmarks oder peripheren Nervensystems auf. Cave Lähmungen können Störungen der Koordination vortäuschen. (S. 972 - 973)

Gemäss Albrecht (2006) wird die Koordination auch fähigkeitsorientiert wie folgt definiert: „Verfestigte überdauernde Leistungsvoraussetzung, die fertigkeitsübergreifend einer Vielzahl verschiedenartiger Bewegungsformen zugrunde liegt.“ Der fähigkeitsorientierte Ansatz basiert auf dem prozessorientierten Ansatz. Die vorhandenen Bewegungsmuster werden durch die Kontrolle und das Erlernen von Bewegungen ergänzt.

In der Trainingslehre wird die Koordination als Basiselement des persönlichen Trainingszustandes bezeichnet, da sie die Grundlage für jede Bewegungsausführung und damit auch für jeden Trainingsreiz darstellt. Für den Begriff „Koordination“ besteht trotz oder gerade wegen seiner grossen Bedeutung keine einheitliche Definition. In der Trainingslehre wird der Begriff Koordination im Bezug auf die physiologischen Aspekte verwendet. Diese beinhaltet hauptsächlich die intermuskuläre-, sowie die intramuskuläre Koordination. Bei der intermuskulären Koordination geht es um das Zusammenspiel zwischen der antagonistischen Muskulatur, den passenden Synergisten, den Stabilisatoren und den Reflexen (hemmend oder fördernd). Die intramuskuläre Koordination wird definiert durch das Zusammenwirken der motorischen Muskeleinheiten, der Rekrutierung, der Frequenzierung und der Synchronisation der Muskelfasern jenes Muskels, welcher an der Bewegung beteiligt ist. Die sensibel-sensorischen Wahrnehmungen bilden die Grundlage für das Zusammenspiel der motorischen Einheiten (Albrecht, 2006).

Weiter sind die Merkmale „Kontrolle“ und „motorisches Lernen“ wichtig, um den Begriff Koordination vollumfänglich zu beschreiben. Immer wieder müssen verschiedene Bewegungsabläufe erlernt, präzisiert und durch repetitives Training automatisiert werden. Infolge fehlender Forschungsergebnisse ist die Relevanz des Koordinationstrainings im Zusammenhang mit der Prävention von Verletzungen schwierig zu erklären. In Bezug auf die Rehabilitation bedeutet die Verbesserung der Koordination eine relevante, bewährte Therapiemethode um die Sensomotorik beziehungsweise die Propriozeption, die Reiz- und Informationsleitungen wiederherzustellen. Dies geschieht auch um Schutzmechanismen verschiedener Reize generieren zu können, sodass es nicht zu motorischen Mustern kommt.
Im therapeutischen Bereich wird mit der Begabung, Gelenke zu stabilisieren ein neuer Standpunkt der Koordination diskutiert. Das Zusammenspiel der bewegungsausführenden

(Mobilisatoren) und der stabilisierenden (Stabilisatoren) Muskulatur wird als koordinative Fähigkeit betrachtet (Albrecht, 2006).

Es liegen nur wenige Studien zum Thema vor. Trotzdem wird angenommen, dass sensomotorisches Training die Grundlage für Koordinationsverbesserung ist und dass dieser Fortschritt einen positiven Effekt auf die Leistung hat. Laut einer Untersuchung führt Balancetraining zu einer Verbesserung der Muskeleffizienz und der posturalen Stabilität (Albrecht, 2006).

Aspekte, Methoden und Ziele des koordinativen Trainings

Für Weineck (2004) sind Aspekte wie die Reaktionsfähigkeit, die Differenzierungsfähigkeit, die Gleichgewichtsfähigkeit, die Antizipationsfähigkeit, die Orientierungsfähigkeit, die Umstellungsfähigkeit, die Rhytmusfähigkeit und die Kopplungsfähigkeit wichtig in Bezug auf die Koordination insbesondere im Sport.

Gemäss Bucher, Brugger und Schmid (2004) zählen die Kraft, die Beweglichkeit, die Ausdauer und die Schnelligkeit zu den konditionellen Fähigkeiten. Im weiteren ist zu erwähnen, dass eine gegenseitige Abhängigkeit der konditionellen und koordinativen Fähigkeiten besteht, denn mit fehlender Kondition kann beim koordinativen Training nicht das Optimum herausgeholt werden (Abb. 6).

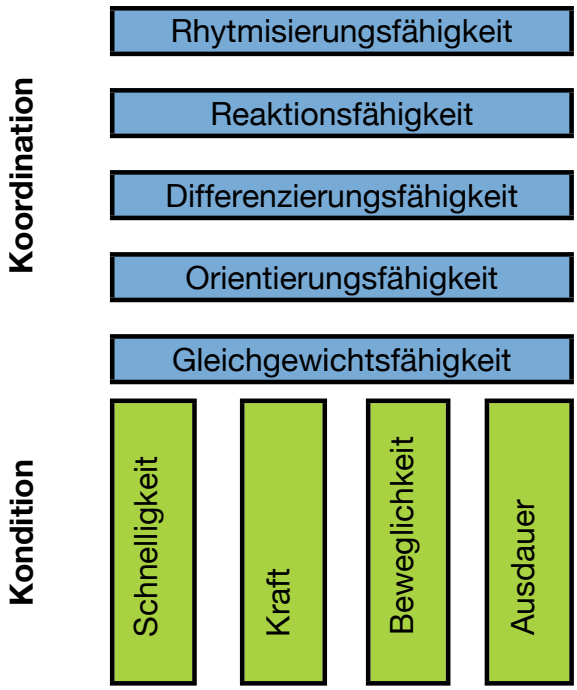


Abb. 6: Die Kondition stellt die Basis für ein erfolgreiches Koordinationstraining dar.

Falls Muskeldysbalancen im stabilisierenden Muskelsystem auftreten, wird empfohlen primär die koordinativen Fähigkeiten zu fördern und später die Komponenten Kraft- und Beweglichkeit zu verfolgen (Albrecht, 2006).

Nachfolgend werden einige Aspekte der Koordination anhand von Übungen erläutert. Grundsätzlich sind in jeder Bewegung oder Übung Komponenten der Koordination enthalten. Der Schwerpunkt der Übung kann auf verschiedene Aspekte (Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer) gelegt werden. Durch Veränderung verschiedener Elemente kann eine Übung koordinativ erschwert oder vereinfacht werden (Tabelle 1).

Einfach	• Konzentration auf ein Gelenk; nur ein Gelenk bewegt eher langsam und statisch kurze Übungsdauer • Audio-visuelle Kontrolle zulassen • Viele Taktile Impulse zulassen, welche die Übung einfacher machen • Viele Fixpunkte geben • Instruktion: unkompliziert, zwischen den Übungen
Mittel	• mehrere Gelenke bei der Bewegung integrieren • visuelle Kontrolle wegnehmen (wegschauen, Rotationen einbauen) • Fixpunkte vermindern (kein Stützen, Halten durch die Hände) • Instabile USF (Kreisel, AirexPad)
Schwierig	• Geschwindigkeit steigern und exakte Zielvorgabe fordern • Augen schliessen während der Übung • Dual-Task, Zusatzaufgaben, Ablenkung verbal, taktil
sehr Schwierig (eventuell im Sport)	• Geschwindigkeit hoch • Ablenkung durch Zusatzaufgaben • Untergrund instabil machen und Dualtasking oder Zusatzaufgaben • Orientierungsmöglichkeiten (im Raum) erschweren (Bsp. Vor der Übung 2-3x im Kreis drehen) • Vorermüdung durch Integration anderer motorischen Grundeigenschaften (zum Beispiel Krafttraining für gezielte Muskulatur vor dem koordinativen Training) • Übungsdauer länger Serienpausen kürzer

Tabelle 1: Beispiele von Shapingmöglichkeiten einer koordinativen Übung

3. Studien

3.1. Studienvorstellung

Autor	Jahr	Titel	Design	Sample	Key Findings
Cheung, Ng	2008	Influence of Difference Footwear on Force of Landing During Running	Two condition experimental comparison	N = 25 Läuferinnen	Mit neutralen Schuhen waren die medialen Bodenreaktionskräfte und die Kräfte über dem Metatarsalkopf nach einer Distanz von 1.5 km erhöht. Mit dem pronationsgeführten Schuh blieben die Kräfte gleich. Was mit Schmerzen der unteren Extremität und Stressfrakturen bei Läufern in Verbindung gebracht werden könnte.
Kleindienst, Krabbe, Walther, Brüggemann	2006	Gradierung der funktionellen Sportschuhparameter „Dämpfung“ und „Vorfussflexibilität“ am Laufschuh	Cohort Study und Field Study	N = 471 Läufer	Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird keine systematische Gradierung der Dämpfungs- und Vorfussflexibilitätseigenschaften für Laufschuhe vorgenommen. Eine Gradierung dieser Eigenschaften werden von den Probanden jedoch gewünscht und von den Autoren empfohlen.
Kerrigan, Franz, Keenan, Dichrray, Della Croce, Wilder	2009	The effect of Running Shoes on Lower Extremity Joint Torques	Two condition experimental comparison	N = 68 Läufer	Das Laufen mit Laufschuhen erhöht die maximal einwirkenden Kräften in jedem Gelenk der unteren Extremität. Die auffälligsten Erhöhungen sind in Knie Flexion 36% und Varus 38%, sowie in der Hüfte Innenrotation 54%.
Azevedo, Lambert, Vaughan, O‘Connor, Schwellnus	2008	Biomechanical variables associated with Achilles tendinopathy in runners	Case-Control-Study	N = 42 Läufer	Es bestehen neuromuskuläre und kinematische Differenzen bei Läufern mit Achillesehnenverletzung im Vergleich zu unverletzten Läufern. Rehabilitationsübungen für die Muskelaktivitätssteigerung wären ideal für die Prävention.
Zampagni, Corazza, Paladini Molgora, Marcacci	2008	Can ankle imbalance be a risk factor for tensor fascia lata muscle weakness?	Case-Control-Study	N = 30 Fussballspieler	Der Test für „Peak Force“ des M. tensor fascia latae könnte nützlich sein, um herauszufinden ob jemand prädisponiert für Knie- und Fussgelenksverletzungen ist.
Verhagen, van der Beek, Twisk, Bouter, Bahr, van Mechelen	2004	The effect of a proprioceptive Balance Board Training Programm for the Prevention of Ankle Sprains	Cohort Study	N = 1127 Volleyballspieler	Mittels Balance Board Training wird eher der rehabilitative Effekt von Verbesserung der Proprioception des Sprunggelenkes als deren Prävention gefördert.

Tabelle 2: Matrix der analysierten und beurteilten Studien

Es wurden 3 Studien zum Thema Laufschuhe ausgewählt. Die Studie „Influence of Difference Footwear on Force of Landing During Running“ **erforscht die klinische Effizienz des Nutzens der Laufschuhe auf ihre Funktionen**. Sie untersucht den Einfluss verschiedener Laufschuhe (mit und ohne Pronationskontrolle) auf die Aufprallkräfte während des Laufens. Dies sollte Einblick in die präventiven Möglichkeiten von Laufschuhen geben. Die Notwendigkeit wird dadurch begründet, dass bis anhin kaum Studien zum Thema Bewegungskontrolle von Laufschuhen gemacht wurden. Als Design wurde die Einzelfall-Studie gewählt. Als Stichprobe dienten 25 Gelegenheitsläuferinnen. Die Kriterien für die Teilnahme war eine maximale Fusspronation von > 6° und ein regelmässiges Lauftraining seit mehr als einem Jahr vor der Studie. Die teilnehmenden Läuferinnen haben keine Ambitionen, der Grund des Lauftrainings ist bei allen Probandinnen die Verbesserung der Fitness.
Als Outcome Messung wurde die Bodenreaktionskräfte anhand einer „Sensor insole“ gemessen. Weiter wurde die Inversionskraft des linken Fusses direkt nach der Belastung mit einem „handheld dynamometer“ (microforce 2 force gauge) ermittelt.
Die Messungen oben genannter Outcomes wurden zu Beginn und gegen Ende der Absolvierung einer Laufdistanz von 1.5 km gemacht. Die Teilnehmerinnen liefen mit einem Tempo von 10 km/h auf einem Laufband, wobei alle Probandinnen an Trainingseinheiten auf dem Laufband gewohnt waren.
Es wurden Messungen während zwei Test-Sessionen im Abstand von einer Woche gemacht. Die erste Session wurde mit neutralen Schuhen, die Zweite mit den pronationsgeführten Schuhen durchgeführt.

Die zweite Studie zum Thema Laufschuhe „Gradierung der funktionellen Sportschuhparameter „Dämpfung“ und „Vorfussflexibilität“ am Laufschuh“, befasst sich mit der Frage **ob sich die Laufschuhindustrie mit der anthropometrischen Variabilität der Läufer auseinandersetzt**. Ebenfalls wurde eine Umfrage bei den Läufern im Bezug auf deren Wünsche zu Dämpfungs- und Vorfussflexibilitätseigenschaften von Laufschuhen gemacht. Die Autoren begründen ihre Forschungsfrage anhand der heterogenen Teilnehmerstruktur an Laufveranstaltungen, welche den Bau eines gradierten funktionellen Sportschuhes beeinflussen.
Die Stichprobe besteht aus 244 Läuferinnen und 227 Läufern aus Mitteleuropa (57.3%) und Nordamerika (42.7%).

Zur Datenermittlung wurde ein Fragebogen für die subjektive Evaluierung der Testschuhmodelle gewählt. Ebenso wurde vor der Durchführung der Studie die gesamte Stichprobe über Zusammenhänge zwischen Körpergewicht und Körpergrösse, Body Mass Index (BMI), fussanthropometrische Daten und Schuhgrösse gemessen. Als Basismodell der Laufschuhe diente das Modell „adidas Unity“. Durch Modifikationen wurden sieben unterschiedliche Ausprägungen für die Dämpfung und die Vorfussflexibilität erreicht. Jeder Teilnehmer absolvierte mit jedem der Laufschuhe je eine Trainingseinheit von mindestens 30 Minuten.

Die dritte Studie zum Thema Laufschuhe „The effect of Running Shoes on Lower Extremity Joint Torques“ versucht herauszufinden, auf welche Weise **die Krafteinwirkung auf die Gelenke der unteren Extremität mit modernen Laufschuhen beeinflusset wird**. Die Notwendigkeit der Studie wird begründet, dass moderne Laufschuhtechnologien wie Dämpfung und Pronationskontrolle weitgehend akzeptiert sind. Trotz der Fortschritte in der Laufschuhtechnologie konnten keine deutlichen Rückgänge von Verletzungen im Laufsport registriert werden.
Eine Anzahl Probanden liefen zur Datenermittlung barfuss und mit Laufschuhen auf einem Laufband.
Die Stichprobengrösse betrug 68, davon 36 Läuferinnen und 32 Läufer, die keine gesundheitlichen Probleme wie muskuloskeletale Krankheiten oder Verletzungen während der Testzeit hatten. Die Probanden liefen ein Minimum von 15 Meilen pro Woche.
Als Outcome Messungen wurden 16 retro-reflektive Marker angebracht, von welchen die 3-dimensionale Position mittels einer 10-camera Vicon 624 Bewegungsanalysesystem ermittelt wurden. Weiter wurden die Bodenreaktionskräfte mittels in das Laufband eingebauten Kraftmessplatten gemessen. Nach einer kurzen Aufwärmphase wurden für beide Konditionen (barfuss und mit Laufschuhen) während 2 Sequenzen von je 15 Sekunden Daten gemessen.

Weiter wurden zwei Studien bearbeitet, welche sich mit biomechanischen Unterschieden von gesunden und verletzten Sportlern auseinander setzten. Die erste Studie untersucht Probanden mit und ohne Achillessehneentzündung. Das Ziel der Studie „Biomechanical variables associated with Achilles tendiopathy in runners“ war es, die **Kinetik, die Kinematik und die Muskelaktivität bei Läufern mit Achilessehneentzündung zu erfor-**

schen. In der Studie wurden verletzte und unverletzte Läufer auf deren Muskelaktivität untersucht. Bei anderen Studien konnte bei verletzten Sportlern, im Vergleich zu unverletzten, Unterschiede in der Muskelaktivität und im Bewegungsablauf festgestellt werden. Dadurch wurde in dieser Studie vermutet, dass es bei Läufern mit Achillessehneentzündung Abweichungen gibt.

Die Stichprobe bestand aus 21 verletzungsfreien Läufern, 16 männlichen und 15 weiblichen Probanden sowie 21 Läufern mit Achillesehnenentzündung, davon ebenso 16 männliche und 15 weibliche Teilnehmer. Die verletzten Läufer wurden von einem Sportmediziner untersucht. Es mussten spezielle Kriterien für die Achillessehnenentzündung erfüllt sein. Die gesunden Läufer mussten seit mindestens zwei Jahren verletzungsfrei sein. In beiden Gruppen mussten die Sportler seit mindestens 3 Jahren mehr als 15 km pro Woche gelaufen sein. Zusätzlich durften sie abgesehen von der Achillessehneentzündung keine gesundheitlichen Probleme haben.

Es wurden die Kinetik mittels 15 reflektierenden Marker (Helen Hayer marker) gemessen (Abb. 7).

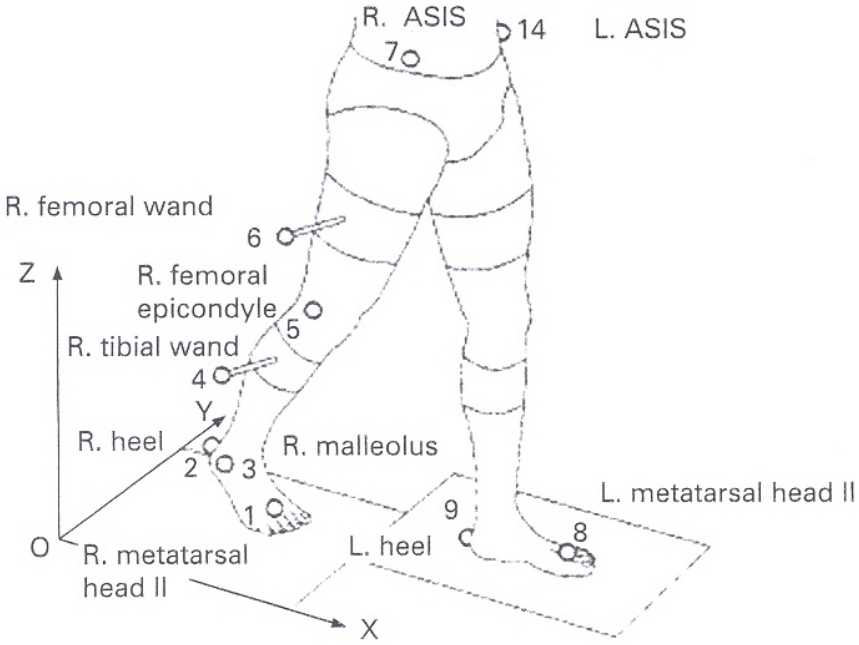


Abb. 7: Platzierung der reflektierenden Markern.

Die Bodenreaktionskräfte wurden mit Advanced Mechanical Technology Kraftmessplatten (1000 Hz) gemessen. Zusätzlich wurden Oberflächenelektroden zur Messung der Muskelaktivität des M. tibialis anterior, M. gluteus medius, M. rectus femoris, M. biceps femo-

ris, M. peroneus und M. gastrocnemius am verletzen, beziehungsweise bei den unverletzten Probanden am rechten Bein angebracht.
Die Teilnehmer absolvierten zehn Testläufe im selbstbestimmten Tempo über eine Strecke von 10 Metern. Um den natürlichen Laufstil aufrecht zu erhalten, wurden die Läufer aufgefordert am Ende der 10 m langen Strecke nicht zu stoppen sondern im gleichen Rhythmus umzudrehen und weiter zu laufen. Fünf gültige Testläufe bildeten die Grundlage für die Analyse. Die Datenerhebung geschieht vom Fersenaufsatz des einen Fusses bis zum Aufsetzen des anderen Fusses.

Die zweite Studie „Can ankle imbalance be a risk factor for tensor fascia latae muscle weakness“ die biomechanische Unterschiede von verletzten und gesunden Fusballspielern untersuchte, stellte sich die Frage, ob es einen **Zusammenhang von Fussgelenksinstabilitäten und der Muskelkraft des M. tensor fascia latae** gibt. Der M. tensor fascia latae spielt eine wichtige Rolle für die Stabilität des Knie- und Fussgelenkes und somit für das ganze Alignment der unteren Extremität. Die Studie wurde als Fall-Kontroll-Studie durchgeführt. Die Stichprobe bestand aus zwei Gruppen. Die Ankle Imbalance Group (AIG) und der Controll Group (CG). Die Stichprobe wurde aus 30 freiwilligen Fussballspielern zusammengestellt, je 15 Spielern in der AIG und der CG.
Die Massnahme bestand aus einem Shock Absorber Test, wobei vor und nach dem Test die Isometrische Kraft des kontralateralen M. tensor fascia latae gemessen wurde (Abb. 8).

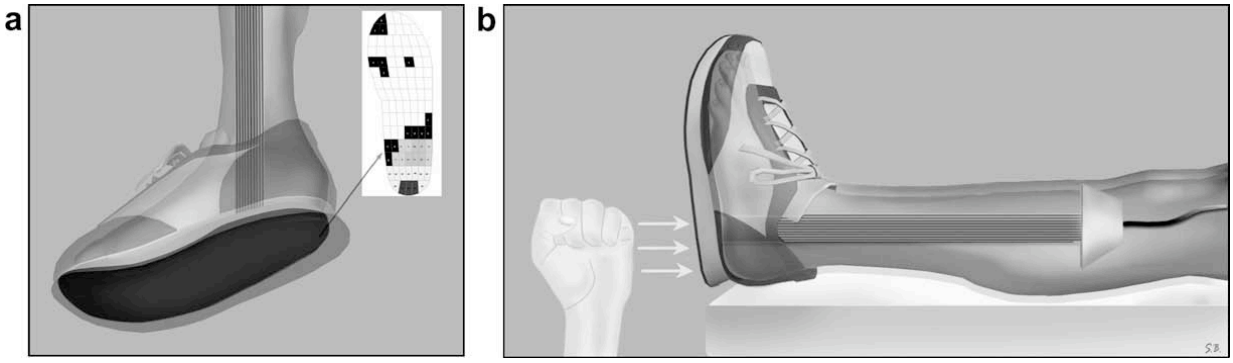


Abb. 8: (a) Sensorische Messeinlage; (b) Der Shock Absorber Test bestand aus einem manuell ausgelösten Stoss in der subtalaren Zone.

Zum Thema aktive Fussstabilität wurde eine Studie ausgewählt, welche die Frage, **ob ein proprioceptives Balanceboard Training effektiv für die Prävention von Sprungge-**

lenksdistorisonen bei Volleyballspielern ist, untersuchte. In der Studie „The Effect of a proprioceptieve Balance Board Training Program for the Prevention of Ankle Sprains“ wurde auf Grund der vielen Sprunggelenksdistorsionen im Volleyball nach präventiven Methoden geforscht. Bei anderen präventiven Möglichkeiten wie Tape und Orthesen sind negative Nebeneffekte bekannt. Da für das Balance Board Training keine solchen negativen Effekte bekannt sind, soll dieses auf seine Gewinnung von Propriozeption, Muskel- und Bänderkraft untersucht werden.

Die Stichprobe bestand aus 1127 Volleyballspielern aus der zweiten und dritten Liga in Holland, die vorher noch kein Training zur Verbesserung der aktiven Fussstabilität angewendet haben. Die Interventionsgruppe bestand aus 66 Teams, wobei 29 Männer- und 37 Frauenteams sind. Die Kontrollgruppe bildete sich aus 50 Teams, davon 20 Männer und 30 Frauenteams.

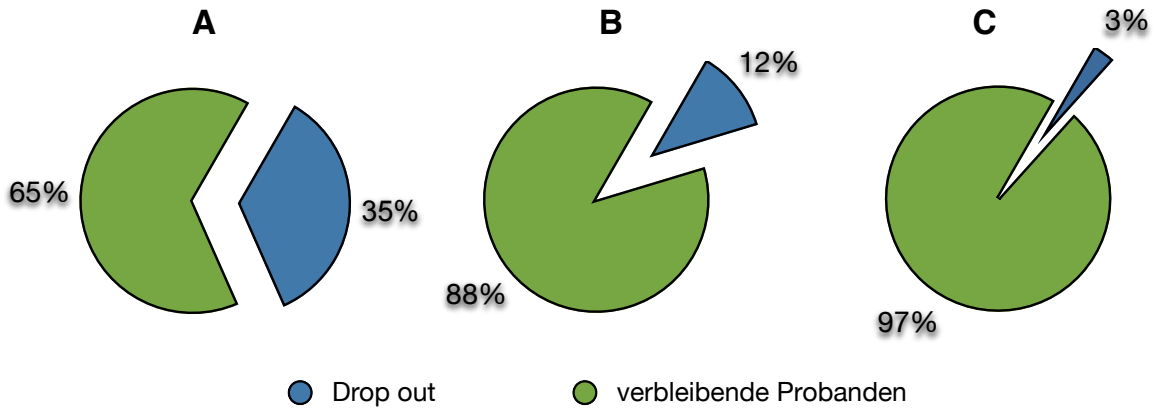
Jedes Team der Interventionsgruppe erhielt Anfang Saison 5 Boards dazu eine Gebrauchsanweisung und ein Demovideo. Von allen Probanden wurde ein Fragebogen über die demografischen Variablen, Sportaktivitäten und verschiedenen Arten der Verletzungsprävention und vergangenen Verletzungen zum Saisonstart (September 2001) sowie zum Follow-up 1 im Januar 2002 und am Ende des Tests zum Follow-up 2 (Mai 2002) ausgefüllt. Das Trainingsprogramm enthielt 14 Grundübungen auf und neben dem Balance Board, wobei jede Übung Variationen aufwies. In jeder Woche wurden vier Übungen gemacht. Die Übungen innerhalb der gleichen Woche mussten denselben Schwierigkeitsgrad und die gleiche Intensität aufweisen. Von Woche zu Woche wurden Schwierigkeit und Intensität gesteigert. Die Übungen wurden während dem Warm-up durchgeführt und eine Übung dauerte jeweils ungefähr 5 Minuten.

3.2. Bewertung der Studien nach Law

In allen sechs ausgewählten Studien wurden Ziel und Zweck der Durchführung klar angegeben. Ebenso wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet, um die Notwendigkeit der Studie zu rechtfertigten und eine Einführung ins Thema zu garantieren. Es wurde aber nur in drei der Studien klar deklariert, um welche Art des Studiendesigns es sich handelt.

Bei der Outcome-Messung wurde nur in einer Studie die Reliabilität angegeben (Influence of Difference Footwear on Force of Landing During Running). In allen anderen Studien wurde nicht angegeben, ob die Messungen reliabel oder valide sind. Es darf jedoch angenommen werden, dass dies stillschweigend vorausgesetzt wurde, zumal es sich um wissenschaftliche Arbeiten handelt.

Die Sichprobengrösse waren bei der Studie „Biomechanical variables associated with Achilles tendiopathy in runners“, „Influence of Different Footwear on Force of Landing During Running“ und „Can ankle imbalance be a risk factor for tensor fascia latae muscle weakness“ mit einem Durchschnittswert von 32 Probanden eher gering. Die Studie „The Effect of Running Shoes on Lower Extremity Joint Torques“ untersuchte 68 Läufer. Die Studien „Gradierung der funktionellen Sportschuhparameter Dämpfung und Vorfussflexibilität am Laufschuh“ mit einer Stichprobengrösse von 471 und „The effect of a proprioceptive Balance Board Training Program for the Prevention of Ankle Sprains“ mit 1127 Probanden untersuchten eine deutlich grössere Menge an Sportlern.



A: The effect of a proprioceptive Balance Board Training Program for the Prevention of Ankle Sprains
B: Influence of Difference Footwear on Force of Landing During Running
C: Can ankle imbalance be a risk factor for tensor fascia lata muscle weakness

Abb. 9: Drop out in Prozent der Studien mit genau angegebenen Daten über die ausgeschiedenen Probanden.

Das genaue Drop out (Abb. 9) wurde in der Studie „Influence of Difference Footwear on Force of Landing During Running“ und „Can ankle imbalance be a risk faktor for tensor fascia lata muscle weakness“ sowie „The Effect of a Proprioceptive Balance Board Training Program for the Prevention of Ankle Sprains“ angegeben.
Bei den ersten beiden Studien mit Angaben über das Ausscheiden von Teilnehmern machte das Drop out < 15% aus und ist zu vernachlässigen. In der Studie „The Effect of a Proprioceptive Balance Board Training Program for the Prevention of Ankle Sprains“ liegt das Drop out bei 35%. Dies entspricht 395 Teilnehmern, die aus der Studie ausschieden. Die Gründe für das Ausscheiden aus der Studie werden jedoch genau dargelegt, was die Vertrauenswürdigkeit des Ergebnisses erhöht.

In allen Studien über Laufschuhe ist zu bemerken, dass ihre Tests nur mit einer bestimmten Laufschuhmarke durchgeführt wurden. Wobei nicht klar ist, wie sich die Resultate mit den gleichen Tests und Laufschuhen anderer Marken verändern würden. In den Studien wurden keine speziell dem Läufer entsprechenden Laufschuhe ausgewählt.
Die Studie „The Effect of Running Shoes on Lower Extremity Joint Torques“ wurde anhand neuster technischer nicht-invasiver Methoden durchgeführt. Dies stellt eine mögliche Fehlerquelle dar, da die Krafteinwirkungen berechnet und nicht real sind. Eine weitere Grenze dieser Studie ist es, dass die Daten während des Laufens auf dem Laufband erhoben wurden. Dies entspricht nicht dem natürlichen Laufstil. Es stellt sich die Frage, inwiefern die Resultate auf das Laufen im Gelände übertragen werden können.
In der Studie „Biomechanical variables associated with Achilles tendiopathy in runners“ wurden die Unterschiede zwischen Läufern mit und ohne Achillessehnenentzündungen evaluiert. Eine Grenze dieser Studie ist, dass diese Unterschiede erst gemessen wurden, als die Probanden schon verletzt waren. Es ist unklar ob die beschriebenen Unterschiede der Muskelaktivität und Kinematik vorbestehend sind, oder sich erst durch die Verletzung entwickelt haben.
Die Resultate der Studie „Influence of Difference Footwear on Force of Landing During Running“ können nur mit Einschränkungen in die Praxis übertragen werden. Die Bewegungs- und Kraftanalysen werden nur mit einem sehr kleinen Teil der Population durchgeführt. Es werden nur weibliche Probandinnen mit einer maximalen Pronation von > 6° getestet. Eine weitere Begrenzung der Datenerhebung dieser Studie ist es, dass alle Läuferinnen, die teilgenommen haben durchschnittlich 2.6 mal pro Woche 2 km weit laufen, was

laut „American college of Sports Medicine guidelines for the minimum amount of physical acitivity required for health and well-being“ als wenig angesehen wird. Aufgrund oben genannter Kriterien, sind die gemessenen Daten nicht auf die ganze Population des Laufsports zu übertragen.

Bei der Studie „Can imbalance be a risk factor for tensor fascia lata muscle weakness“ werden alle Messungen manuell von Testern ausgeführt. Trotz erfahrener Testern ist es fast unmöglich, bei jedem Test genau gleichviel Kraft einzusetzen. Für eine nächste Untersuchung wird deshalb angestrebt, eine besser standardisierte Variante zu finden.

Grenzen der Studie „The effect of a proprioceptive Balance Board Training Program for the Prevention of Ankle Sprains“ sind die beschränkten Kontakte der Instruktoren des Trainings und den Volleyballteams. Die Daten werden während der ganzen Studiendauer (Beginn, 1. Follow-up, 2. Follow-up) nur mittels Fragebögen erhoben. Eine funktionelle Messmethode wurde nicht angewendet, was eine Limitierung der Studie darstellt.

3.3. Ergebnisse

Zum Thema Laufschuhe gab es das Ergebnis, dass in der Sportartikelindustrie bis zum Zeitpunkt der Studie „Gradierung der funktionellen Sprtschuhparameter „Dämpfung“ und „Vorfussflexibilität“ am Laufschuh“ keine systematische Gradierung der Dämpfungs- und Vorfussflexibilitätseigenschaften für Laufschuhe vorgenommen wird. Was aber die signifikante Korrelation der Parameter: „Körpergrösse - anthropologische Gesamtlänge des Fusses - Schuhgrösse“ sowie „Körpergewicht - anthropologische Gesamtlänge des Fusses - Schuhgrösse“ erfordert. Die Autoren empfehlen auf Grund der oben genannten Erkenntnissen, dass schwerere, beziehungsweise grössere Läufer, Laufschuhe mit einer härteren Dämpfung und leichtere, beziehungsweise kleinere Läufer, Laufschuhe mit einer weicheren Dämpfung wählen sollten. Weiter werden Vorschläge für Gradierungen der Dämpfungseigenschaften sowie Vorfussflexibilität basierend auf der Schuhgrösse gemacht (Abb. 10).

	Dämpfung	weich (40 Shore C)	moderat (55 Shore C)	hart (70 Shore C)
Torsionsfähigkeit	flexibel (40 Shore C)	eine Härte (40-40-40)	kombiniert (55-40-55)	
	moderat (55 Shore C)	kombiniert (40-55-40)	eine Härte (55-55-55)	kombiniert (70-55-70)
	steif (70 Shore C)		kombiniert (55-70-55)	eine Härte (70-70-70)
	Vorfußflexibilität	flexibel (40 Shore C)	moderat (55 Shore C)	steif (70 Shore C)

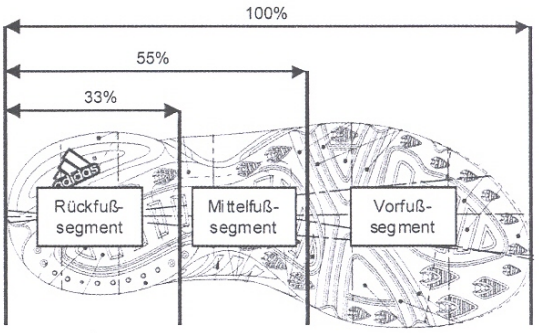


Abb. 10: Vorschlag der Gradierung von Laufschuhen basierend auf der Zwischensohlenhärte.

Andererseits kam die Studie „Influence of Difference Footwear on Force of Landing During Running“ zum Ergebnis, dass mit neutralen Schuhen die medialen Bodenreaktionskräfte am Ende einer Laufdistanz von 1.5 km um 15 % höher sind als zu Beginn. Ebenso haben sich die Kräfte über dem ersten Metatarsalkopf um 8 % erhöht. Bei den pronationsgeführten Schuhen blieben die Bodenreaktionskräfte während den zwei Messungen gleich. Laut den Autoren könnte die Erhöhung der Kräfte über dem medialen Fussgewölbe und dem ersten Metatarsalkopf mit den neutralen Laufschuhen in Verbindung mit Schmerzen in der unteren Extremität bei Läufern und metatarsalen Stressfrakturen gebracht werden.

Weiter kam die Studie „The effect of Running Shoes on Lower Extremity Joint Torques“ zum Ergebnis, dass das Laufen mit Laufschuhen im Gegensatz zum Barfusslaufen erhöhte maximale Krafteinwirkungen in jedem Gelenk der unteren Extremität (Fuss, Knie, Hüfte) aufwiesen. Die auffälligsten Erhöhungen der Krafteinwirkungen zeigen sich beim Kniegelenk in Richtung Flexion 36% und Varus 38%. Schliesslich weist die Innenrotation der Hüfte mit 54% die stärkste Erhöhung auf (Abb. 11). Ein weiteres Ergebnis der Studie ist die verlängerte Schrittlänge um 6%, als Resultat beim Laufen mit Laufschuhen. Dies obwohl das Lauftempo das Gleiche war wie beim Barfusslaufen.

Die Autoren empfehlen, dass in der Laufschuhindustrie das Ziel angestrebt werden sollte, die Drehmomente der Gelenke (Hüfte, Knie, Fuss) auf dasselbe zu senken, wie sie beim Barfusslaufen sind.

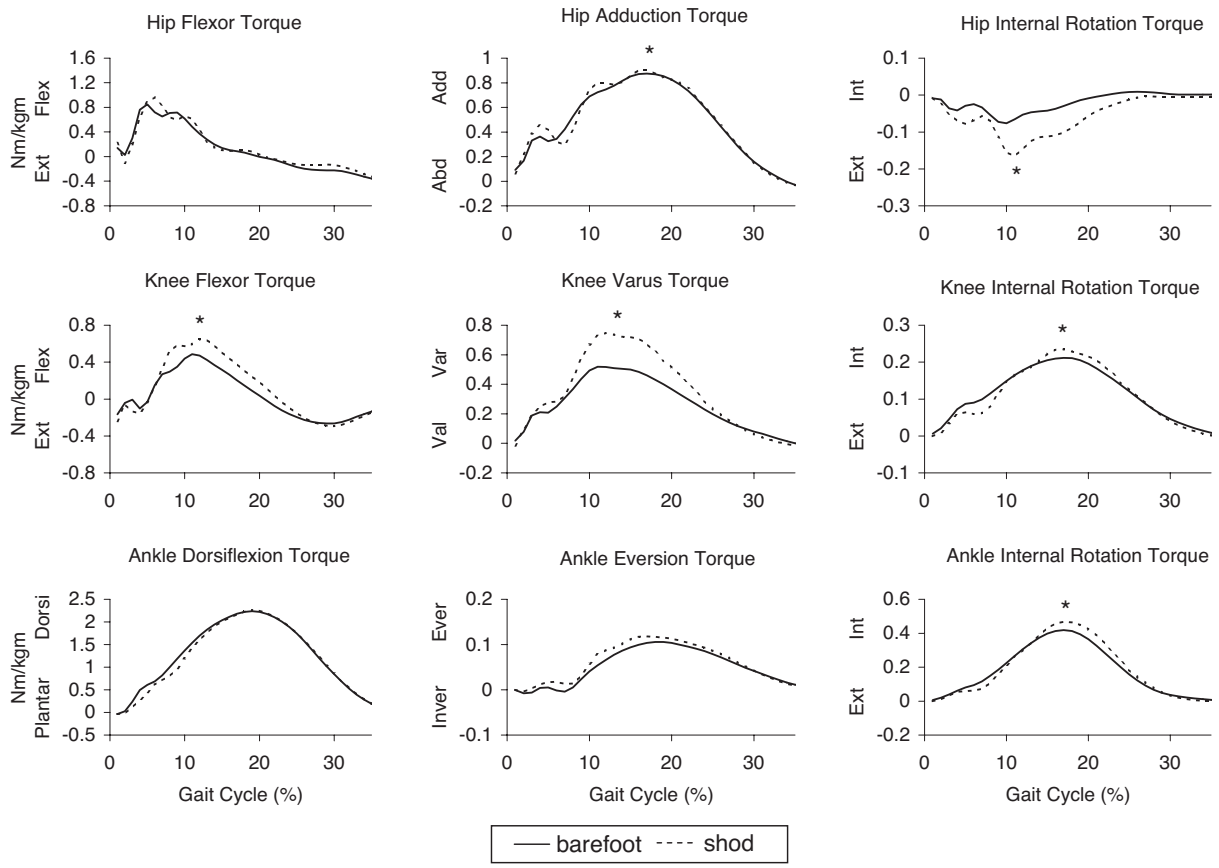


Abb. 11: Durchschnittliche Krafteinwirkung von Hüft, Knie und Fussgelenk während der Standphase beim Barfusslauf (durchgehende Linie) und mit Laufschuhen (unterbrochene Linie).

Die Ergebnisse jener Studien, welche die biomechanischen Unterschiede von verletzten und gesunden Sportlern untersuchten, belegten neuromuskuläre und kinematische Differenzen bei Läufern mit und ohne Achillessehneverletzungen („Biomechanical variable as-

sociated with Achilles tendiopathy in runners“). Ebenso wurde ein Trend festgestellt, dass die Aktivität des M. peroneus longus während den ersten 100ms nach Kontaktphase reduziert ist. Dies könnte mit einer reduzierten Gelenkstabilität lateral und zu wenig Gelenksteifigkeit in Verbindung gesetzt werden. Ebenso zeigen Läufer mit Achillessehneentzündung eine reduzierte Muskelaktivität von M. tibialis anterior, M. rectus femoris und M. gluteus medius. Dies weist laut den Autoren darauf hin, dass die Übungen zur Muskelaktivitätsteigerung ideal als Rehabilitationsprogramm für die Prävention wären.

Die Studie „Can ankle imbalance be a risk factor for tensor fascia lata muscle weakness“ kam weiter zum Ergebnis, dass meachnische Vibration am verletzen Subtalus eine Schwäche des kontralateralen M. tensor fascia latae in Muskelkraftdauer ergeben (Abb. 12). Daraus schliessen die Autoren, dass der Test für „Peak Force“ des M. tensor fascia latae nützlich sein könnte um herauszufinden, ob jemand prädisponiert ist für Knie- und Fussgelenksverletzungen. Ein solcher Test zur Diagnostik wäre in der Prävention sehr wichtig und von Vorteil.

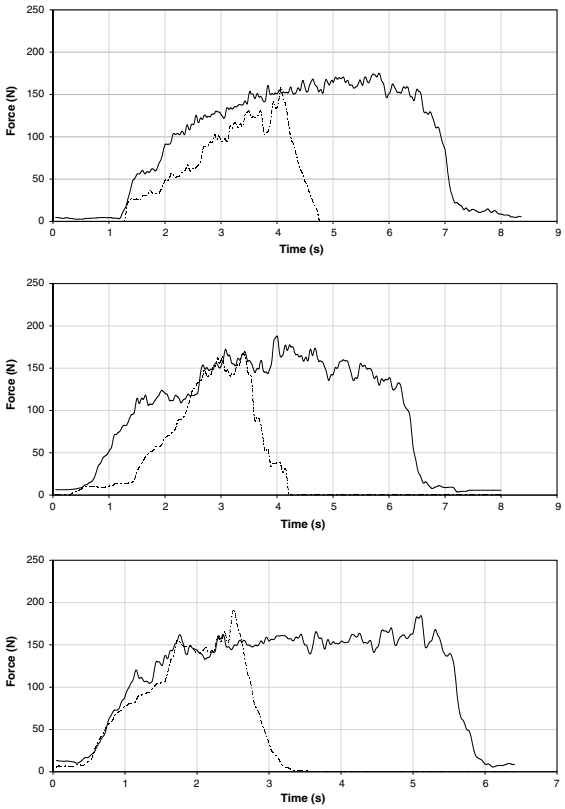


Abb. 12: Die Kurven zeigen das Resultat vor (durchgezogene Linie) und nach (unterbrochene Linie) dem Shock Absorber Test von drei Probanden der Ankle Imbalance Gruppe. Nach dem Schock Absorber Test konnten die gleichen Kraftwerte des M. tensor fascia latae erreicht werden, jedoch waren die Teilnehmer nicht in der Lage diese während gleichlanger Zeit aufrecht zu erhalten.

Die Resultate der Studie „The Effect of a proprioceptive Balance Board Training Programm for the Prevention of Ankle Sprains“, welche sich mit der aktiven Fussstabilität auseinandersetzte, zeigt, dass mittels Balance Board Training Wiederverletzungen des Fussgelenkes entgegen gewirkt werden kann. Es ergibt sich jedoch gemäss Studie eher ein rehabilitativer, als ein präventiver Effekt. Das heisst, Volleyballspieler welche bereits eine Sprunggelenksdistorsion erlitten hatten, profitierten deutlich mehr vom Training mit dem Balance Board als gesunde Probanden (Abb. 13).

Weiter wird aufgezeigt, dass bei Volleyballspielern, die vorgängig an Kniebeschwerden litten eine Steigerung von der Rückkehr von Überbelastungsschäden am Knie durch das Balance Board Training gefördert werden.

Aufgrund genannter Ergebnisse wird das Balance Board Training Spieler empfohlen, die bereits eine Sprunggelenkgsdistorsion erlitten haben. Athleten welche kürzlich einen Überbelastungsschaden am Knie erlitten haben, sollten eher auf das Programm verzichten.

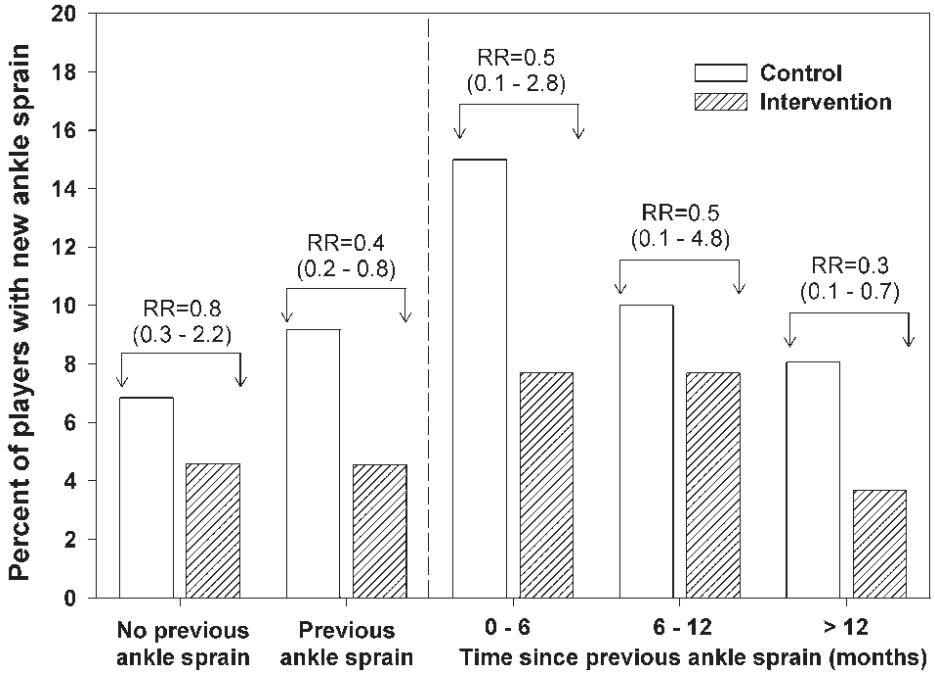


Abb. 13: Wirkung der Prävention von Sprunggelenksdistorsionen durch Balance Board Training. (RR=relative Risk)

4. Diskussion

4.1. Vergleich Laufschuh und aktive Fussstabilität in der Prävention

In wissenschaftlichen Publikationen und Fachliteratur werden kontroverse Aspekte des Einflusses von Laufschuhen auf die Prävention diskutiert.

Hohmann et al. (2007) kam zum Schluss, dass mit passendem Schuhwerk bis zu 20% der vertikal einwirkenden Kräfte beim initialen Bodenkontakt verringert werden. Hingegen schreibt Walther (2004), dass die bislang untersuchten Grundsätze „Dämpfung“ und „Pronationskontrolle“ im Laufschuh nicht zu einer grundlegenden Verminderung von laufassozierten Verletzungen führen konnte. Eine ähnliche Meinung vertritt Nigg (2001), der zum Schluss kommt, dass Schockabsorption nicht die Hauptursache für die Entstehung von vielen Verletzungen im Laufsport ist. Ebenso sind die Beanspruchung von Knorpel, Bänder und Sehnen der unteren Extremität nicht oder nur minimal von den Dämpfungseigenschaften der Laufschuhsohle abhängig (Walther, 2004).

Beim Thema Dämpfung kommt Nigg (2001) zum Schluss, dass das Muskeltuning diesbezüglich eine bedeutende Rolle spielt. Die Bodenreaktionskräfte gelten beim initialen Bodenkontakt als Input-Signal, auf Grund dessen die Muskulatur vor der Belastung aktiviert wird, um ein gedämpftes Vibrationssystem zu aktivieren.

Dieser Aspekt zeigt den Einfluss der aktiven Fussstabilität im Zusammenhang mit Schockabsoption beim Laufen. Noch vor einigen Jahren wurde die Dämpfung im Laufschuh als sehr wichtig für die Prävention erachtet. Mit dem Paradigma von Nigg, wird die Dämpfung von Laufschuhen hinterfragt. Es stellt sich die Frage, ob eine starke Dämpfung einen kontraproduktiven Einfluss auf die antizipative Aktivierung der Fussmuskulatur darstellt (Abb. 14).

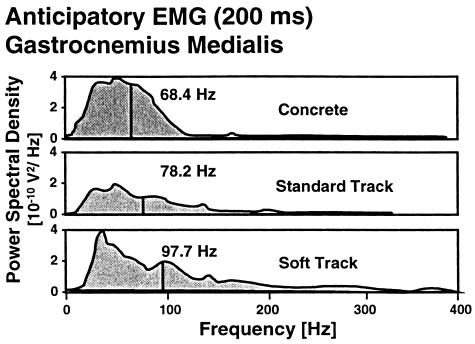


Abb. 14: Die Muskelkraft des M. gastrocnemius gemessen mit einem EMG während des Laufens auf drei verschiedenen Untergründen.

Ein viel diskutierter Aspekt in der Prävention im Laufsport ist die Pronation. Im Bereich der Laufschuhforschung wird die Wichtigkeit der Pronationskontrolle im Bezug zur Prävention von Verletzungen in Frage gestellt.
Cheung und Ng (2008) kommen zum Ergebnis, dass bei neutralen Schuhen die medialen Bodenreaktionskräfte nach der Belastung deutlich höher sind als zu Beginn. Mit einem pronationskontrollierten Schuh bleiben diese gleich. Dieser Aspekt weist darauf hin, dass Schmerzen in der unteren Extremität bei Läufern mit neutralen Schuhen in Verbindung mit gebracht werden könnten. Hingegen wird vermutet, dass aufgrund der untersuchten Probandinnen, die alle einen sehr kleinen Trainingsumfang wöchentlich absolvieren und eine maximalen Pronation von > 6° aufweisen, das Resultat nur bedingt auf die Gesamtheit aller Läufer übertragen werden kann. Es wäre interessant, dieselben Daten bei Läufern mit einem grösseren Trainingspensum sowie unterschiedlicher maximaler Pronation durchzuführen, um ein ausschlussreicheres Resultat zu erhalten. Weiter wird empfohlen, dass zusätzlich die Einflüsse der Kräfte, die auf das Knie- und Hüftgelenk einwirken, gemessen werden. Dies könnte Aufschluss darüber geben, wie sich pronationsgeführte Laufschuhe auf die ganze kinetische Kette der unteren Extremität auswirken.
Kerrigan, Franz, Keenan, Dicharry, Della Croce und Wilder (2009) messen grössere Krafteinwirkungen des Hüft- und Kniegelenkes beim Laufen mit Laufschuhen im Gegensatz zum Barfusslauf. Die kleineren Krafteinwirkungen beim Barfusslauf könnten auf die antizipative Muskelaktivierung beim initialen Bodenkontakt hinweisen. Das Input Signal beim Barfusslauf entspricht dem Auftreffen auf einem harten Untergrund. Die Muskulatur wird vor dem initialen Bodenkontakt aktiviert, um eine aktive Dämpfung der kinetischen Kette zu gewährleisten.

Nigg (1998) kommt zum Schluss, dass die Schockabsorption durch die Pronation des unteren Sprunggelenkes, neben Flexion des Hüft- und Kniegelenkes, Dorsalflexion des oberen Sprunggelenkes, geschieht. Der M. tibialis posterior wird für die Stabilität im Sprunggelenk während des initialen Bodenkontaktes als wichtig angesehen. Er stabilisiert das Fussgewölbe und kontrolliert die Pronation.
Donatelli (2007) schreibt, dass die Pronation im Fuss für Stabilität während des Abstossens sorgt. Es wird erwähnt, dass die Pronation, direkten Einfluss auf das Knie- sowie Patellofemoralgelenk hat. Begründet ist dies in der weiterlaufenden Bewegung vom Fuss zum Kniegelenk, wie sie im theoretischen Teil erläutert wurde.

Es stellt sich die Frage, wie gross der Einfluss des pronationskontrollierten Laufschuhes im Gegensatz zur Kräftigung der aktiven Pronation ist.
Laut Walther (2004) führte die Pronationskontrolle von Laufschuhen bislang nicht zu einer deutlichen Verminderung von Verletzungen im Laufsport. Es wird empfohlen weitere Untersuchungen über die Rolle der Pronation während des Laufens durchzuführen.
Wichtige Fragen dabei sind: Wie stark kann ein Laufschuh die natürliche Pronation beeinflussen? Ist eine solche Veränderung der natürlichen Pronation sinnvoll? Wenn ja, wie stark sollte die Führung sein, um die Verletzungsprävention günstig zu beeinflussen?
Im Gegensatz dazu empfiehlt es sich, den Einfluss der aktiven Fussstabilität auf die Pronation und deren präventiven Einfluss zu untersuchen.

Im Bereich der aktiven Fussstabilität wurden keine relevanten Studien gefunden, die im Bereich des Laufsports durchgeführt wurden. Dies wurde den Autoren direkt von den verschiedenen Fachpersonen (Dr. Patrick Vienne, Sportarzt und Fusschirurge, Dr. André Leumann und Prof. Dr. Benno M. Nigg, 2010) bestätigt.
Es wird angenommen, dass Grundsätze des Einflusses von Training zur Verbesserung der aktiven Fussstabilität in anderen Sportarten und deren Einfluss auf die Prävention für den Laufsport übernommen werden können. Die Erkenntnis von Verhagen, van der Beek, Twisk, Bouter, Bahr, van Mechelen (2004), dass mittels Balance Board Training Wiederverletzungen des Fussgelenkes entgegen gewirkt werden kann, ist für die primär Prävention weniger bedeutend. Sie ist aber für die sekundäre Prävention wichtig.
Aufgrund allgemeiner Erkenntnisse in der Verletzungsprävention, wird versucht den Einfluss der aktiven Fussstabilität im Laufsport darzulegen. Laut Quante et al. (1999) ist mangelhafte propriozeptive Leistung häufig eine Ursache für verschiedene neuromuskuläre Dysbalancen sowie spezielle Verletzungsmuster und deren Folgen. Ebenfalls werden Müdigkeit, Muskelarbeit und Performance als relevante Faktoren für die Entstehung von Verletzungen genannt (Walther et al., 2008). Das Ziel der aktiven Fussstabilität ist es, genau diesen Faktoren entgegenzuwirken. Es darf angenommen werden, dass Koordinations- und Propriozeptionstraining eine Methode zur Prävention von Verletzungen der unteren Extremität im Laufsport darstellt. Weiter unterstützt wird die Wichtigkeit der aktiven Fussstabilität durch die Aussage von Walther et al. (2008), dass die muskuläre Stabilisation der unteren Extremität eine wichtige Rolle für die Verletzungsprävention darstellt.

Laut Nigg (2009) scheint ein muskuläres Gleichgewicht neben der muskulären Stabilisation ein wichtiger Aspekt in der Forschung zur Prävention von Laufsportverletzungen zu sein.

In verschiedenen Studien werden neuromuskuläre und kinematische Differenzen bei verletzten im Vergleich zu unverletzten Läufern aufgezeigt. Bei Läufern mit Achillesehnenverletzungen konnte reduzierte Muskelarbeit des M. peroneus longus während der ersten 100ms nach initialen Bodenkontaktes, sowie reduzierte Muskelaktivität von M. tibialis anterior, M. rectus femoris und M. gluteus medius nachgewiesen werden (Azevedo, Lambert, Vaughan, O'Connor und Schwellnus, 2008).
Läufer mit Plantarfasziitis haben laut Kibler, Goldberg und Chandler (1991) Kraft- und Beweglichkeitsdeffizite in der stabilisierenden Muskulatur der Wade und des Fusses.
Garth und Miller (1989) kamen zum Schluss, dass Läufer mit einem Tibiakantensyndrom eine Schwäche und Dysfunktion der stabilisierenden Muskulatur aufweisen.
Bei Läufern mit Iliotibialem Bandsyndrom werden veränderte Knieflexion beim initialen Bodenkontakt und der Innenrotation des Beines als mögliche Mechanismen in der Verletzungsentstehung in Verbindung gebracht (Miller, Lowry, Meardon und Gillet, 2007).
Aufgrund oben genannter Unterschiede bei verletzten Läufern wird angenommen, dass muskuläre Schwächen sowie kinematische Abweichungen die Entstehung von Verletzungen günstig beeinflussen. Alle oben genannten Differenzen wurden an bereits verletzten Läufern, im Gegensatz zu unverletzten Läufern gemessen. Es stellt sich die Frage, ob die verletzten Läufer bereits neuromuskuläre und kinematische Abweichungen vor dem auftreten der Verletzung aufwiesen, oder diese durch Schonhaltung und Ausweichbewegungen entstanden sind.

Obwohl Sprunggelenksdistorsionen einen sehr grossen prozentualen Anteil der Verletzungen im Laufsport ausmachen, konnte keine relevante wissenschaftlich basierte Literatur zu diesem Thema gefunden werden. Jedoch kommen Willems, Witvrouw, Delbaere, Mahieu, Bourdeaudhuij und Clercq (2005) zum Schluss, dass vermindertes Gleichgewicht, reduzierte Kraft der Dorsalflexoren, Einschränkung der Koordination sowie der Muskelreaktion im Fussgelenk bei Sportlern als Risikofaktoren für Sprunggelenksdistorsion gelten. Dies wiederum spricht für die Wichtigkeit der aktiven Fussstabilität in der Verletzungsprävention.

Zampagni, Corazza, Paldini und Marcacci (2008) stellten fest, dass die mechanische Vibration am verletzten Subtalus eine Schwäche des kontralateralen M. tensor fascia latae in Muskelkraftdauer bei Sportlern mit Fussgelenksinstabilität ergibt. Da der M. tensor fascia latae wichtig ist für die Stabilisation der unteren Extremität, sind Sportler mit einer Fussgelenksinstabilität prädisponiert für Knie- und Fussgelenksverletzungen. Es wird angenommen, dass die Problematik einer verringerten Muskelkraftdauer des M. tensor fascia latae ebenfalls bei Läufern mit einer Fussgelenksinstabilität beobachtet werden könnte. Dies würde die Auswirkung einer verminderten aktiven Fussgelenksstabilität auf die weiterlaufende reduzierte Stabilisation der Gelenke der unteren Extremität erklären.

Verschiedene Erkenntnisse der analysierten Studien beinhalten relevantes Wissen für die Physiotherapie. Die Pronation spielt eine bedeutende Rolle in der Verletzungsprävention. Deshalb ist es wichtig den M. tibialis posterior, der als wichtiger Pronator gilt, zu kräftigen.
Beim Fussabdruck ist die Kraft über das erste Metatarsal-Köpfchen am grössten. Aus diesem Grund ist es sinnvoll den M. hallucis longus zu trainieren um den aktiven Fussabdruck besser zu unterstützen.
Für die Prävention von Sprunggelenksdistorsionen ist eine kräftige Peronealmuskulatur von Bedeutung. Mit der Peronealmuskulatur kann einem Supinationstrauma aktiv entgegengewirkt und das Fussgelenk stabilisiert werden.
Weiterlaufenden Beschwerden in der unteren Extremität (Knie, Hüfte) kann mittels Knie- und Hüftstabilitätstraining entgegengewirkt werden. Es wird empfohlen in der geschlossenen Kette zu trainieren. Dadurch muss die gesamte kinetische Kette (Fuss, Knie, Hüfte) der unteren Extremität aktiviert und stabilisiert werden. Ein geeignetes Trainingselement dazu ist der Squat, der in verschiedenen Variationen ausgeführt werden kann.

4.2. Schlussfolgerung

Laut Kleindienst, Krabbe, Walther, Brüggemann (2006) wird im Moment keine systematische Gradierung der Dämpfungs- und Vorfussflexibilitätseigenschaften vorgenommen. Dies und weitere oben genannte Ergebnisse der Literaturrecherche sind Hinweise auf die Forschungslücken in der Laufschuhforschung. Es wurde festgestellt, dass anerkannte und oft zitierte Studien im Gebiet der Laufschuhforschung Ende der 80er- und Anfang der 90er- Jahre durchgeführt wurden. Es wird empfohlen diese Basisstudien fortzusetzen, um Eigenschaften des Laufschuhes (Dämpfung, Flexibilität, Pronationskontrolle, Torsion) genauer zu untersuchen und im Bezug auf die Verletzungsprävention anzupassen.

Die aktuelle Literaturübersicht „der funktionelle Sportschuhparameter „Torsion“ in der Laufschuhforschung“ (Michel, Kälin, Metzger, Westphal, Schweizer, Campe und Segesser, 2009) bestätigt die gemachte Hypothese. Der Review kommt zum Schluss, dass die funktionelle Umsetzung des Torsionskonzepts im Laufschuhbereich noch nicht vollends realisiert wurde. Im Review wird ebenfalls empfohlen, dass weitere Studien im Bereich Verletzungsprävention im Zusammenhang mit Torsion im Laufschuh durchgeführt werden sollen. Weiter wird die Erkenntnis, dass Basisstudien Ende der 80er- und Anfang der 90er- Jahre zum oben genannten Thema gemacht, jedoch in folgenden Jahren kaum fortgesetzt wurden. Es wäre sinnvoll dieses Thema weiter mit wissenschaftlich fundierten Daten zu untersuchen.

Es konnten diverse Beiträge über das Training zur Verbesserung der aktiven Fussstabilität im Laufsport in Zeitschriften wie „Mobile“[2], „Fit for Life“[3] und weiteren gefunden werden. Diese beziehen sich jedoch laut gemachter Literaturrecherche auf Erfahrungswerte und Empfehlungen von Experten, welche bislang kaum bis gar nicht durch wissenschaftlich fundierte Daten belegt werden können.

Die weit verbreitete positive Wirksamkeit der aktiven Fussstabilität und die genannten günstigen Einflüsse im Bezug auf die Verletzungsprävention, verlangen evidenzbasierte Untersuchungen.

---

2 Mobile: Zeitschrift des Bundesamtes für Sport, Magglingen

3 Fit for Life: Schweizer Magazin für Fitness, Lauf- und Ausdauersport

4.3. Evidenzbasierte Empfehlungen für die Praxis

Die Schlussfolgerung von Verhagen, van der Beek, Twisk, Bouter, Bahr und van Mechelen (2004), dass mittels Balance Board Training Wiederverletzungen des Fussgelenkes entgegen geholfen werden konnte, ist grundsätzlich für die sekundäre Prävention bedeutend. Patienten kommen erst nach dem Erleiden einer Verletzung in die Therapie. Es wird das Ziel angestrebt einen möglichst guten rehabilitativen Effekt zu erlangen und weiteren Verletzungen (sekundär Prävention) vorzubeugen.

Besonders im Spitzensport, wo die Läufer auch während verletzungsfreier Zeit von Fachpersonen betreut werden, sowie im Training von Laufklubs sollten Methoden zur Verbesserung der aktiven Fussstabilisation angewendet werden und einen festen Bestandteil des Trainings darstellen. Wichtig dabei ist es, grundsätzlich die Kraft der stabilisierenden Fussmuskulatur zu verbessern und somit einer Ermüdung dieser Muskulatur entgegenzuwirken. Ebenso sollte ein muskuläres Gleichgewicht der Fussmuskulatur angestrebt werden um Verletzungen vorzubeugen.

Die neuromuskulären und kinematischen Differenzen die bei verschiedenen Verletzungen der unteren Extremität nachgewiesen werden konnten, stellen ebenfalls eine wichtige Erkenntnis für die Physiotherapie dar. Dies umfasst eine veränderten Statik, verminderte konditionellen und koordinativen Aspekte, sowie die muskuläre Dysbalance. In der Physiotherapie kann auf oben genannte Problematik eingegangen und entgegengewirkt werden.

Abschliessend ist zu sagen, dass in der Physiotherapie grundsätzlich Einfluss auf die Verbesserung der aktiven Fussstabilität genommen werden kann. Die Laufschuhversorgung steht weniger im Zentrum des Therapiealltages. Jedoch können Empfehlungen zur bestmöglichen Wahl des Laufschuhes im Bezug auf die Prävention von Verletzungen abgegeben werden. Die wichtigsten Komponenten, die dabei beachtet werden sollen, stellen die Stabilisation sowie die Dämpfung dar. Diese sollen der aktiven Fussstabilität, dem Trainingszustand und den anthropometrischen Variablen (Grösse, Gewicht, Laufunterlage) des Läufers angepasst sein. Es wird empfohlen, dass beispielsweise ein Läufer mit verminderter aktiver Fussstabilität einen stabilisierenden Laufschuh wählen soll. Gleichzeitig sind Massnahmen für eine Verbesserung der aktiven Fussstabilität nötig, um die muskuläre Stabilität zu optimieren. Dies wird erklärt, da die aktive Fussstabilität einen grösseren Einfluss auf die Stabilität und das Alignment der weiterlaufenden Bewegung in der kineti-

schen Kette (Fuss-Knie-Hüfte) im aufweist. Die aktive Fussstabilität hat also einen grösseren Einfluss auf die Verletzungsprävention. Sobald eine Verbesserung der muskulären Stabilität erreicht ist, soll ein weniger gestützter Laufschuh benutzt werden. Damit wird der nun aktiv stabilisierte Fuss in seiner Funktion gefördert.

5. Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns bei allen Personen bedanken, die diese Arbeit ermöglicht haben und uns geduldig zur Seite gestanden sind.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Arjen van Duijn für die engagierte Betreuung dieser Arbeit. Vielen herzlichen Dank auch an André Leumann und Benno M. Nigg, welche uns medizinisch und biomechanisch Ihre Erfahrungen und fachliches Wissen weitergegeben haben und uns interessante Inputs zur Arbeit gegeben haben. Weiter möchten wir uns bei zahlreichen Autoren bedanken, welche uns kostenlos ihre Studien zur Verfügung gestellt haben. Unseren kritischen Korrekturlesern Andrea Christen und André Leumann gebührt ebenfalls ein grosses Dankeschön. Nicht zuletzt bedanken wir uns bei unserer Familie und Freunden für ihre geduldige Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit.

6. Selbstständigkeitserklärung

«Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benützung der angegebenen Quellen verfasst haben.»

Winterthur, 17. Mai 2010

Daniela Eugster Sonja Feer

7. Verzeichnisse

7.1. Literaturverzeichnis

Albrecht, K. (2006). *Körperhaltung, Gesunder Rücken durch richtiges Training*. Stuttgart: Karl F. Haug Verlag.

Azevedo, L.B., Lambert, M.I., Vaughan, C.L., O'Connor, C.M. & Schwellnus, M.P. (2008). Biomechanical variables associated with Achilles tendinopathy in runners. *Br J Sports Med, 43,* 288-292.

Bartold, S. (2007). Plantarfasziitis. In Hohmann, E. & Imhoff, A. B. (Hrsg.), *Der Fuss des Läufers* (S. 151-166). Darmstadt: Steinkopff Verlag.

Bosch, F. & Klomp, R. (2001). *Running. Biomechanics and Exercise Physiology Applied in Practice*. Eastbourne: CPI Anony Rowe.

Bucher, W., Brugger, L. & Schmid, A. (2004). *1000 Spiel und Übungsformen zum Aufwärmen.* 11. Auflage. Schondorf: Karl Hofman Verlag.

Chueng., R.T.H. & Ng, G.Y.F. (2008). Influence of Different Footwear on Force of Landing During Running. *Physical Therapy, 5*, 620-625.

Czioska, F. (2002). *Der optimale Laufschuh*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.

Donatelli, R. (2007). *Sport-specific Rehabilitation*. Churchhill: Livingstone Elsevier.

Ergen, E., & Ulkar, B. (2008). Proprioception and ankle injuries in soccer. In Marck, D. & Müller, M.D. (Hrsg.), *Clinics in Sports Medicine. Elsevier Journal*, 27, 1.

Fong, D., Chan, Y., Mok, K., Yung, P. & Chan, K. (2009). *Understanding acute ankle liga mentous sprain injury in sports.* Sports medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology [On-Line]. Available: http://www.smarttjournal.com/content/1/1/14 (09.04.2010).

Garth, W.P. & Miller, S.T. (1989). Evaluation of claw toe deformity, weakness of the foot intrinsics, and posteromedial shin pain. *AM J Sports Medicine, 17*, 821.

Hatcher, S., & Tetsworth, K. (2007). Sprunggelenkdistorsion. In Hohmann, E. & Imhoff, A.B. (Hrsg.), *Der Fuss des Läufers* (S. 114-134). Darmstadt: Steinkopff Verlag.

Hintermann, B. & Nigg, B.M. (1998). Pronation in Runners. Implications for Injuries. *Sports Med, 26,* 169-176.

Hohmann, E. & Noakes, T. (2007). Laufschuhberatung. In Hohmann, E. & Imhoff, A.B. (Hrsg.), *Der Fuss des Läufers* (S. 89-99). Darmstadt: Steinkopff Verlag.

Hohmann, E. & Zollinger, H. (2007). Fussdeformitäten und Laufen. In Hohmann, E. & Imhoff, A.B. (Hrsg.), *Der Fuss des Läufers* (S. 67-72). Darmstadt: Steinkopff Verlag.

Hotz, A. & Weineck, J. (1988). *Optimales Bewegungslernen*. Erlangen: Perimed.

Johnston, C.A.M., Taunton, J.E. & Lloyd-Smith, D.R. (2003). Preventing running injuries, Practical approach for family doctors. *Canadian Family Physician, 49*, 1101 – 1109.

Kerrigan, D.C., Franz, J.R., Keenan, G.S., Dicharry, J., Della Croce, U. & Wilder, R.P. (2009). The Effect of Running Shoes on Lower Extremity Joint Torques. *Amercian Academy of Physical Medicine and Rehabilitation, 1*, 1058-1063.

Kibler, W.B., Goldberg, C. & Chandler, T.J. (1991). Functional biomechanical deficits in running athlets with plantar fasciitis. *AM J Sports Medicine, 19*, 66-71.

Kleindienst, F.I., Krabbe, B., Walther, M. & Brüggemann, G.-P. (2006). Gradierung der funktionellen Sportschuhparameter „Dämpfung“ und „Vorfussflexibilität“ am Laufschuh. *Sportverl Sportschad, 20*, 19-24.

Larsen, Dr. med. C., (2007). *Gut zu Fuss ein Leben lang*. Stuttgart: Trias Verlag.

Laskowski, E.R., Newcomer-Aney, K. & Smith, J. (1997). *Refining rehabilitation with proprioception training: Expenditing return to play*. The Physican and Sports Medicine [Online]. Available: http://www.physsportsmed.com/issues/1997/10oct/laskow.htm (09.04.2010).

Leumann, A. (2010). *Expertenmeinung*. Facharzt Orthopädie, Universitätsspital Basel.

Mayer, F., Grau, S., Baur, H., Hirschemüller, A., Horstmann, T., Gollhofer, A., & Dickhuth, H. (2001). Verletzungen und Beschwerden im Laufsport. *Deutsches Ärzteblatt*, *19*, 1254-1259.

Miller, R.H., Lowry, J.L., Meardon, S.A. & Gillette, J.C. (2007). Lower extremity mechanics of iliotibial band syndrome during an exhaustive run. *Gait Posture*, *26*, 407-413.

Nigg, B.M. (2010). *Expertenmeinung*. Ph. D. Biomechanik. Calgary.

Nigg, B.M. (2001). The Role of Impact Forces and Foot Pronation: A New Paradigm. *Clinical Journal of Sport Medicine, 11*, 2-9.

Olff, S. (2010). *Auf dem Weg zum Natural Running*. Sonntagszeitung. [Online]. Available: http://www.sonntagszeitung.ch/wissen/ (05.04.2010).

Peterson, L., & Renström, P. (2002). *Verletzungen im Sport. Prävention und Behandlung*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag GmbH.

Quante, M. & Hille, E. (1999). Propriozeption: Eine kritische Analyse zum Stellenwert in der Sportmedizin. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 59,* 10, 306-310.

Reinschmidt, C. & Nigg, B.M. (2000). Current Issues in the Design of Running and Court Shoes. *Sportverl Sportschad 2000, 14*, 71-81.

Schneider, M. & Troxler, D. (2006). Fussgymnastik - Anwendung und Umsetzung im Traning. In Schweizerischer Leichtathletikverband (Hrsg.), *Füsse, die Stützen der Leistung* (S. 106-113).

Verhagen, E., van der Beek, A., Twisk, J., Bouter, L., Bahr, R. & van Mechlen, W. (2004). The Effect of a Proprioceptive Balance Board Training Program for the Prevention of Ankle Sprains. *The American Journal of Sports Medicine, 32, 6,* 1385-1393.

Vienne, P. (2010). *Expertenmeinung*. Sportarzt und Fusschirurge. Hirslanden Klinik St. Anna Luzern.

Waizy, H. & Windhagen, H. (2008). Längere Fusspronationszeit reduziert das Risiko. *Sportverletzungen Sportschad, 22*, 78-79.

Walther, M. (2004). Aktuelle Trends im Sportschuhbau – ein Literaturüberblick. *Fuss-Sprungg, 2*; 167-175.

Walther, M. & Mayer, B. (2008). Aktuelle Trends in der Sportschuhentwicklung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 59*, 1, 2-6.

Weineck, J. (2004). *Optimales Training: Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder - und Jugendtrainings*. Balingen: Spitta.

Willems, T.M., Witvrouw, E., Delbaere, K., Mahieu, N., De Bourdeaudhuij, I. & De Clercq, D. (2005). Intrinsic risk factors for inversion ankle sprains in male subjects: a prospective study. *AM J Sports Medicine, 33,* 415-423.

Zampagni, M. L., Corazza, I., Paladini Molgora, A. & Marcacci, M. (2009). Can ankle im balance be a risk factor for tensor fascia lata muscle weakness? *Journal of Electromyography and Kinesiology, 19*, 651-659.

7.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Donatelli (2007). *Sport-specific Rehabilitation*. Churchill: Livingstone Elsevier.

Abbildung 2: Root2being (2009). *Pronation of the foot*. [Online]. Available: http://www.root2being.me.uk/local/Root2being/images/pronation.gif (06.04.2010).

Abbildung 3: Laufbeschwerden.ch. *Aufbau eines Laufschuhs*. [Online]. Available: http://www.laufbeschwerden.ch/typo3temp/pics/7a25bbcc02.jpg (23.04.2010).

Abbildung 4: Walther, M. & Mayer, B. (2008). Aktuelle Trends in der Sportschuhentwicklung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 59*, 1, 2-6.

Abbildung 5: Ergen, E., & Ulkar, B. (2008). Proprioception and ankle injuries in soccer. In Marck, D. & Müller, M.D. (Hrsg.), *Clinics in Sports Medicine. Elsevier Journal*, 27, 1.

Abbildung 6: Eugster, D. & Feer, S. (2010). *Kondition und Koordination*.

Abbildung 7: Azevedo, L.B., Lambert, M.I., Vaughan, C.L., O'Connor, C.M. & Schwellnus, M.P. (2008). Biomechanical variables associated with Achilles tendinopathy in runners. *Br J Sports Med, 43,* 288-292.

Abbildung 8: Zampagni, M. L., Corazza, I., Paladini Molgora, A. & Marcacci, M. (2009). Can ankle imbalance be a risk factor for tensor fascia lata muscle weakness? *Journal of Electromyography and Kinesiology, 19*, 651-659.

Abbildung 9: Eugster, D. & Feer, S. (2010). Drop out der beurteilten Studien.

Abbildung 10: Kleindienst, F.I., Krabbe, B., Walther, M. & Brüggemann, G.-P. (2006). Gradierung der funktionellen Sportschuhparameter „Dämpfung“ und „Vorfussflexibilität“ am Laufschuh. *Sportverl Sportschad, 20*, 19-24.

Abbildung 11: Kerrigan, D.C., Franz, J.R., Keenan, G.S., Dicharry, J., Della Croce, U. & Wilder, R.P. (2009). The Effect of Running Shoes on Lower Extremity Joint Torques. *Amercian Academy of Physical Medicine and Rehabilitation, 1*, 1058-1063.

Abbildung 12: Zampagni, M. L., Corazza, I., Paladini Molgora, A. & Marcacci, M. (2009). Can ankle imbalance be a risk factor for tensor fascia lata muscle weakness? *Journal of Electromyography and Kinesiology, 19*, 651-659.

Abbildung 13: Verhagen, E., van der Beek, A., Twisk, J., Bouter, L., Bahr, R. & van Mechlen, W. (2004). The Effect of a Proprioceptive Balance Board Training Program for the Prevention of Ankle Sprains. *The American Journal of Sports Medicine, 32, 6,* 1385-1393.

Abbildung 14: Nigg, B.M. (2001). The Role of Impact Forces and Foot Pronation: A New Paradigm. *Clinical Journal of Sport Medicine, 11*, 2-9.

7.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Weineck, J. (2004). *Optimales Training : Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jungendtrainings*. Balingen: Spitta.

Tabelle 2: Eugster, D. & Feer, S. (2010). *Matrix der Studienvorstellung*.

8. Anhang

8.1. Studienbeurteilungen

Influence of Difference Footwear on Force of Landing During Running

ZWECK DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? ☒ ja ☐ nein	Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage? Diese Studie wurde gemacht, um die klinische Effizienz des Nutzens von pronationskontrollierten Laufschuhen auf ihre Funktionen zu prüfen. Die Studie untersucht den Einfluss verschiedener Laufschuhe auf die Bodenreaktionskräfte während des Laufens. Was einen Einblick in die Möglichkeiten der Prävention durch die Wahl der Laufschuhe gibt.
LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? ☒ ja ☐ nein	Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde. Bis jetzt wurden wenige bis keine Studien zum Thema Bewegungskontrolle von Laufschuhen gemacht. Diese Studie soll die Änderung der Belastung mit pronationskontrollierten Laufschuhen testen.
DESIGN ☐ Randomized Controlled Trial (RCT) ☐ Cohort Design ☐ Singel Case Design ☐ Case Control Design ☐ Case Study ☒ Two condition experimental comparison	Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage? Es wurde ein Two condition experimental comparison gewählt. Wobei eine spezifische Gruppe von Läuferinnen untersucht wurde. Zur Beantwortung der gestellten Studienfrage wäre es eventuell sinnvoller gewesen eine Fall-Kontroll-Studie oder eine Querschnittstudie durchzuführen um ein breiteres Spektrum der Läufer zu untersuchen.

STICHPROBE N= 25 Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? ☒ ja ☐ nein Wurde die Stichprobengrösse begründet? ☐ ja ☒ nein	Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?) 25 weibliche Gelegenheitsläuferinnen mit > 6° Fusspronation, einem Durchschnittsalter von 23.5 Jahre, welche regelmässiges Lauftraining für mehr als ein Jahr vor der Studie absolvierten, keine Teilnehmerin ist im Laufklub und der Grund für das Laufen ist die Verbesserung der Fitness (keine Ambitionen). Es wird nicht angegeben wie die Stichprobe zusammengestellt wurde.
OUTCOME MESSUNGEN Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)? ☒ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben Waren die outcome Messungen gültig (valide)? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben	Geben sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post- follow up)) und welche Messungen wurden angewendet? Die Bodenreaktionskräfte wurden zum Beginn des Laufens (erste 25 Schritte) und gegen Ende der 1.5km (25 Schritte) gemessen. Die Kraft der Inversion des linken Fusses wurde direkt nach der Belastung gemessen. Das ganze Procedere wurde in 2 Testsessionen mit einem Abstand von 1 Woche durchgeführt. Die Bodenreaktionskräfte wurden mit einer „sensor insole“ gemessen. Die Inversionskraft wurde durch eine „handheld dynamometer“ (microfet 2 force gauge) analysiert.

MASSNAHMEN Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben? ☒ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Interventionen) vermieden? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben ☐ entfällt	Beschreiben Sie kurz die Massnahmen. Die Teilnehmerinnen sind 1.5km (also 9min) auf dem Laufband mit einer Geschwindigkeit von 10km/h gelaufen. Es fanden 2 Testsessionen im Abstand von einer Woche statt. Die erste Session wurde mit neutralen Schuhen, die zweite Session mit den Bewegungsgeführten Schuhen durchgeführt. Pronationsgeführte Laufschuhe: Adidas supernova controll Neutrale Laufschuhe: Adidas supernova cushion
ERGEBNISSE Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben? ☒ ja ☐ nein ☐ entfällt ☐ nicht angegeben Wurde die klinische Bedeutung angegeben? ☒ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben	Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen? Interaktion zwischen der Laufzeit und dem Schuhtyp über dem medialen Fuss waren signifikant auf dem Niveau von p .001. Mit den neutralen Schuhen waren die medialen Bodenreaktionskräfte nach dem Laufen 15% höher als vor dem Lauf (p .001) und über dem ersten Metatarsalkopf 8% erhöht (p .021) Mit dem pronationsgeführten Schuh blieben die Bodenreaktionskräfte während den zwei Messungen gleich (p .572) Welches waren die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Die oben genannte Erhöhung der Kräfte über dem medialen Fussgewölbe und dem ersten Metatarsalkopf mit dem neutralen Laufschuh könnte mit Schmerzen in der unteren Extremität bei Läufern und metatarsalen Stressfrakturen in Verbindung gebracht werden.

DROP OUT Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben? ☒ ja ☐ nein Waren die ausgeschiedenen Fälle > 15% ☐ ja ☒ nein	Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?) Es schieden 3 Teilnehmer aus der Studie aus, da sie den Auswahlkriterien nicht entsprachen. Sie hatten eine maximale Pronation von < 6°.
SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie? ☒ ja ☐ nein	Zu welchem Schluss kam die Studie? Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie? Die Schlussfolgerung der Studie ist es, dass die plantaren Kräfte gemessen mit den pronationsgeführten Laufschuhen vor und nach der Belastung gleich blieben. Dieses Resultat kann aber nicht auf die gesamte Bevölkerung übertragen werden. Grenzen der Studien sind, dass sie nur weibliche Probanden hatte. Ebenso sind die Läuferinnen alles Gelegenheitsläuferinnen welche Durchschnittlich 2.6mal pro Woche eine Laufeinheit von Durchschnittlich 2km absolvieren, was laut American College of Sports Medicine guidelines for the minimum amount of physical activity required for health and well-being als wenig angesehen werden kann. Ebenso wurden nur Läuferinnen mit einer Pronation von mehr als 6° untersucht, aus diesem Grund können die Daten nicht auf Personen mit unterschiedlicher Vorfusspronation übertragen werden.

Gradierung der funktionellen Sportschuhparameter „Dämpfung“ und „Vorfussflexibilität“ am Laufschuh

ZWECK DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? ☒ ja ☐ nein	Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage? Der Zweck der Studie ist es herauszufinden, ob die Laufschuhindustrie der anthropometrischen Variabilität entspricht. Weiter wird untersucht, ob Läufer eine Gradierung der Dämpfungs- und Vorfussflexibilitätseigenschaften wünschen. Für unsere Forschungsfrage ist diese Studie relevant, um mehr über die Eigenschaften der Laufschuhen herauszufinden und Informationen über Dämpfungs- und Vorfussflexibilitätseigenschaften zu erhalten.
LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? ☒ ja ☐ nein	Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde. Die heterogene Teilnehmerstruktur an Laufveranstaltungen haben Einfluss auf den Bau eines gradierten funktionellen Sportschuhes.
DESIGN ☐ Randomized Controlled Trial (RCT) ☒ Cohort Design ☐ Singel Case Design ☐ Case Control Design ☐ Case Study ☐ Two condition experimental comparison	Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage? Diese Studie wurde in zwei Teilen durchgeführt. Einerseits wurde eine prospektive Kohortenstudie gemacht, um die vorgefertigten Laufschuhe zu Testen. Andererseits eine Feldstudie, zur Erfragung der Präferenzen und Wünsche der Läufer bezüglich Laufschuhen.

STICHPROBE N= 471 Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? ☒ ja ☐ nein Wurde die Stichprobengrösse begründet? ☐ ja ☒ nein	Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?) 244 Läuferinnen und 227 Läufer aus Mitteleuropa (57.3%) und Nordamerika (42.7%). Es wird nicht beschrieben, wie die Auswahl getroffen wurde.
OUTCOME MESSUNGEN Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben Waren die outcome Messungen gültig (valide)? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben	Geben sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post- follow up)) und welche Messungen wurden angewendet? Als outcome Messung diente eine subjektive Evaluierung der Testschuhmodelle, die nach der Testrunde abgegeben wurden. Ebenso wurde vor der Studiendurchführung eine Analyse der gesamten Personenstichprobe über Zusammenhänge zwischen Körpergewicht und der Körpergrösse, BMI, fussanthropometrische Daten und Schuhgrösse gemessen, diese zeigten grosse Korrelationen.
MASSNAHMEN Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben? ☒ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Interventionen) vermieden? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben ☐ entfällt	Beschreiben Sie kurz die Massnahmen. Jeder der Teilnehmer absolvierte mit jedem der sieben Testschuhmodellen je eine Trainingseinheit von mindestens 30 Minuten. Als Basismodell diente das Laufschuhmodell adidas Unity, durch Modifiationen konnten unterschiedliche Ausprägungen für die Dämpfung und die Vorfussflexibilität erreicht werden.

ERGEBNISSE Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben? ☒ ja ☐ nein ☐ entfällt ☐ nicht angegeben Wurde die klinische Bedeutung angegeben? ☒ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben	Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen? Alle Korrelationen waren auf dem Niveau von $P < .001$ (2-seitig) signifikant. Körpergrösse - anthropologischen Gesamtlänge des Fusses - Schuhgrössen Körpergewicht - anthropologische Gesamtlänge des Fusses - Schuhgrösse Welches waren die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Es werden Empfehlungen abgegeben, dass schwerere bzw. grössere Läufer Laufschuhe mit einer härteren Dämpfung und leichtere bzw. kleinere Läufer Laufschuhe mit einer weicheren Dämpfung wählen sollten. Weiter wurde festgestellt, dass bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Sportartikelindustrie keine systematische Gradierung der Dämpfungs- und Vorfussflexibilitätseigenschaften für Laufschuhe macht. Dies wird jedoch gefordert bzw. gewünscht.
DROP OUT Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben? ☐ ja ☒ nein Waren die ausgeschiedenen Fälle > 15% ☐ ja ☐ nein	Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?) Wird nicht beschrieben.

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie? ☒ ja ☐ nein	Zu welchem Schluss kam die Studie? Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie? Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird keine systematische Gradierung der Dämpfungs- und Vorfussflexibilitäteigenschaften für Laufschuhe vorgenommen. Jedoch empfehlen die Autoren eine Gradierung dieser Eigenschaften. Eine Grenze der Studie ist, dass sie nur mit einem Modell von adidas gearbeitet wird und somit keine anderen Laufschuhmarken betrachtet werden.

The effect of Running Shoes on Lower Extremity Joint Torques

ZWECK DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? ☒ ja ☐ nein	Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage? Der Zweck der Studie ist es herauszufinden, wie die modernen Laufschuhe die Krafteinwirkung auf die Gelenke der unteren Extremität beeinflussen. Dies bezieht sich auf unsere Forschungsfrage, da wir wissen möchten, wie der präventive Effekt von Laufschuhen ist. Um dies später der aktiven Fussstabilität gegenüber zustellen.
LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? ☒ ja ☐ nein	Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde. Die modernen Laufschuhe mit verschiedenen Eigenschaften zur Dämpfung und Mechanismen zur Pronationskontrolle wurden weitgehend akzeptiert. Trotzdem gibt es keine evidenzbasierte Ergebnisse, dass diese Designs optimal sind um die Langzeitgesundheit von Läufern zu schützen. Es ist so, dass Laufsportassozierte Verletzungen auf Grund der Fortschritte in der Laufschuhtechnologie nicht deutlich zurückgegangen sind. Aufgrund oben genannter Fakten soll in dieser Studie der Einfluss von modernen Laufschuhen auf die Krafteinwirkung der Gelenke der unteren Extremität im Laufsport untersucht werden.
DESIGN ☐ Randomized Controlled Trial (RCT) ☐ Cohort Design ☐ Singel Case Design ☐ Case Control Design ☐ Case Study ☒ Two condition experimental comparison	Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage? Die Studie wurde als Two-condition experimental comparison durchgeführt. Es wurde eine Anzahl von Probanden gebeten mit Laufschuhen und barfuss auf einem Laufband zu laufen. Die Werte die während den beiden Durchgängen gemessen wurden, werden anschliessend verglichen.

STICHPROBE N= 68 Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? ☒ ja ☐ nein Wurde die Stichprobengrösse begründet? ☐ ja ☒ nein	Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?) 36 weibliche und 32 männliche gesunde Läufer (gesund = keine Krankengeschichte von Muskuloskeletalen Krankheiten oder Verletzungen während der Testzeit) Die Probanden liefen ein Minimum von 15 Meilen pro Woche.
OUTCOME MESSUNGEN Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben Waren die outcome Messungen gültig (valide)? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben	Geben sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post- follow up)) und welche Messungen wurden angewendet? Mit sechzehn retro-refletive Marker die an folgenden Punkten angebracht wurden: bilateral anterior und posterior superior iliac spines, lateral mid-thights, lateral femoral condyles, lateral midshanks, lateral malleoli, second metatarsal heads, und Ferse. Die 3-dimensionale Position jedes Markers wurde mittels einer 10-camera Vicon 624 Bewegungsanalysesystem gemessen. Die Bodenreaktionskräfte wurden mittels Laufband gemessen. Welches zwei seitliche Kraftmessplatten eingebaut hat.
MASSNAHMEN Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben? ☒ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Interventionen) vermieden? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben ☐ entfällt	Beschreiben Sie kurz die Massnahmen. Nach einer kurzen Aufwärmphase wurden für beide Konditionen (mit Laufschuhen und barfuss) während zwei Sequenzen von je 15 Sekunden Daten gemessen. Als Laufschuhe wurde der Schuh Brooks Adrenaline ausgewählt, der als neutraler Laufschuh mit klassischem Design gilt.

ERGEBNISSE Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben? ☒ ja ☐ nein ☐ entfällt ☐ nicht angegeben Wurde die klinische Bedeutung angegeben? ☒ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben	Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen? Das Laufen mit Laufschuhen ergab eine Erhöhung der Krafteinwirkung in jedem der drei Gelenke der unteren Extremität (Fuss, Knie, Hüfte). Wobei die Innenrotation der Hüfte, die Knieflexion und der Knie Varus die grössten Erhöhungen aufwiesen. Weiter wurde bei den drei Komponenten der Bodenreaktionskraft (vertikale BRK, anterior-posterior BRK und medio-laterale BRK) Unterschiede zwischen Barfusslauf und Laufen mit Laufschuhen festgestellt. Ebenso wurde eine signifikant längere Schrittlänge beim Laufen mit Laufschuhen gemessen. Diese verlängerte Schrittlänge hat nur eine schwache Korrelation mit den erhöhten Krafteinwirkungen auf die Gelenke beim Laufen mit Laufschuhen. Welches waren die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Die klinische Bedeutung oben genannter Resultate ist die erhöhte Belastung der Gelenke beim Laufen mit Laufschuhen im Gegensatz zum Barfusslauf. Dies ist eine wichtige Erkenntnis im Bezug von verletzungspräventiven Eigenschaften die Laufschuhen oft zugeschrieben werden. Es weist auf die Lücken in der Laufschuhforschung hin.
DROP OUT Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben? ☐ ja ☒ nein Waren die ausgeschiedenen Fälle > 15% ☐ ja ☐ nein	Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?) Es wurden keine Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben.

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie? ☒ ja ☐ nein	Zu welchem Schluss kam die Studie? Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie? Das Laufen mit Laufschuhen wird mit erhöhten Maximalen Krafteinwirkung in jedem Gelenk der unteren Extremität (Fuss, Knie, Hüfte) im Gegensatz zum Barfusslaufen. Die auffälligsten Erhöhungen sind im Knie- (Flexion und Varus) und Hüftgelenk (Innenrotation). Die Autoren empfehlen, dass in der Laufschuhindustrie das Ziel angestrebt werden sollte, die Kraft, die beim Laufen mit Laufschuhen auf die Gelenke einwirkt auf dieselben zu senken, wie sie beim Barfusslaufen sind. Obwohl die Methoden dieser Studie den neusten technischen nichtinvasiven Standard entsprechen, ist die nichtinvasive Analyse eine Grenze dieser Studie. Es werden nur berechnete Gelenksmomente angenommen und keine realen Werte gemessen. Ebenso wurde ein Standart Laufschuh verwendet und nicht einen dem Läufer angepassten Schuh. Ein weiterer möglicher Fehler der Studie ist es, dass die Daten auf einem Laufband erhoben wurden. Dies kann möglicherweise den natürlichen Laufstiel beeinflussen.

Biomechanical variables associated with Achilles tendinopathy in runners

ZWECK DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? ☒ ja ☐ nein	Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage? Das Ziel der Studie ist das Erforschen Kinetik (untere Extremität) und Kinematik (Fussgelenk), sowie der Muskelaktivität bei Läufern mit Achillessehneentzündung. Diese Studie befasst sich mit dem Unterschied der Muskelaktivität bei verletzten und unverletzten Läufern. Dies ist wichtig um die Wichtigkeit der aktiven Fussstabilität im Bezug auf die Prävention von Verletzungen der unteren Extremität im Laufsport anzuschauen.
LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? ☒ ja ☐ nein	Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde. In anderen Studien konnten Unterschiede bei verletzten im Vergleich zu unverletzten Läufern nachgewiesen werden. Aus diesem Grund wird vermutet, dass Läufer mit Achillessehneentzündung eine reduzierte Muskelaktivität und abweichende Bewegungsabläufe der unteren Extremität aufweisen. Bislang gibt es keine Studien über die Muskelaktivität bei Achillessehneentzündungen.
DESIGN ☐ Randomized Controlled Trial (RCT) ☐ Cohort Design ☐ Singel Case Design ☒ Case Control Design ☐ Case Study ☐ Two condition experimental comparison	Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage? Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine Fall-Kontroll-Studie. Das Design entspricht der Studienfrage, da zwei verschiedene Gruppen von Läufern (mit und ohne Achillesehneentzündung) verglichen werden. Hierzu eignet sich das Fall-Kontroll-Design gut.

STICHPROBE N= 42 Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? ☒ ja ☐ nein Wurde die Stichprobengrösse begründet? ☐ ja ☒ nein	Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?) Kontrollgruppe: 21 Läufer verletzungsfrei seit mind. 2 Jahren (16m / 5w) Interventionsgruppe: 21 Läufer mit Achillesehenentzündung (16m / 5w) Die verletzten Läuferinnen und Läufer wurden von einem Sportmediziner (der Sports Science Institute of South Africa) untersucht. Die verletzten Sportler mussten spezielle Kriterien für die Achillessehenentzündung erfüllen (siehe S. 288, Subjects). Die gesunden Läuferinnen und Läufer müssen seit mindestens zwei Jahren verletzungsfrei sein. Bei beiden Gruppen müssen die Sportler seit mindestens 3 Jahren mehr als 15km pro Woche gelaufen und gesund (keine gesundheitlichen Probleme / Nebendiagnosen) sein.
OUTCOME MESSUNGEN Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben Waren die outcome Messungen gültig (valide)? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben	Geben sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post- follow up)) und welche Messungen wurden angewendet? Die Tests wurden mit einem standartisierten Laufschuh (Rainha Athens, Alpargatas Inc; shore A 40) durchgeführt. Es wurden 15 reflektierende Marker (Helen Hayes marker) angebracht. Die Bodenreaktionskräfte wurden mit Advanced Mechanical Technology Kraftmessplatte (1000Hz) gemessen. Oberflächen Elektroden zur Messung der Muskelaktivität (M. tibialis anterior, M. gluteus medius, M. rectus femoris, M. biceps femoris, M. peroneus, M. gastrocnemius) wurden bei den unverletzten Läufern am rechten Bein, bei den anderen Probanden am verletzten Bein angebracht. Die Daten des EMG wurden während des ganzen Tests gemessen.

MASSNAHMEN Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben? ☒ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Interventionen) vermieden? ☐ ja ☒ nein ☐ nicht angegeben ☐ entfällt	Beschreiben Sie kurz die Massnahmen. Es wurden 10 Testläufe pro Läufer im selbstbestimmten Tempo über eine Strecke von 10m durchgeführt. Für den natürlichen Laufstil wurde den Läufern empfohlen nach 10m nicht zu stoppen, sondern im gleichen Rhythmus umzudrehen und weiter zu Laufen. Ein Testlauf war gültig, wenn der Läufer korrekt auf die Kraftmessplatten stand. Verletzte Läufer mit dem betroffenen Bein, unverletzte mit dem rechten Bein. 5 gültige Testläufe bilden die Grundlage für die Analyse. Die Datenerhebung geschieht vom Fersenaufsatz des einen Fusses, zum aufsetzen des anderen Fusses.
ERGEBNISSE Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben? ☒ ja ☐ nein ☐ entfällt ☐ nicht angegeben Wurde die klinische Bedeutung angegeben? ☒ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben	Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen? Kinematic: weniger Knieflexionsbewegung zwischen Fersenaufsatz und Mittelstand (ROM) bei den Verletzten p .011. Signifikante Senkung im pre-heel strike (IEMG Aktivität vom M. tibialis anterior) bei den Verletzten. Post-heel strike IEMG Aktivität vom M. rectus femoris und M. gluteus medius ist deutlich tiefer bei den Verletzten gegenüber den unverletzten Läufern. Welches waren die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Oben genannte Ergebnisse zeigen, dass neuromuskuläre und kinematische Differenzen bei Läufern mit Achillessehneentzündung im Vergleich zu unverletzten Läufern bestehen. Im Weiteren konnte ein Trend festgestellt werden, dass die Aktivität des M. peroneus longus während den ersten 100ms nach Kontaktphase reduziert ist. Dieses Resultat könnte mit einer reduzierten Gelenksstabilität lateral und zu wenig Gelenkssteiffigkeit in Verbindung gesetzt werden. Läufer mit Achillessehneentzündung zeigen eine reduzierte Muskelaktivität vom M. tibialis anterior, M. rectus femoris und dem M. gluteus meidus auf während dem Lauf-Cycle. Dies weist darauf hin, dass Rehabilitatiosübungen für die Muskelaktivitätsteigerung ideal wären für die Prävention.

DROP OUT Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben? ☐ ja ☒ nein Waren die ausgeschiedenen Fälle > 15% ☐ ja ☐ nein	Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?) Es wurden keine Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben.
SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie? ☒ ja ☐ nein	Zu welchem Schluss kam die Studie? Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie? Pronation wurde in der beurteilten Studie nicht gemessen, da durchschnittlich zu hohe Fehlerquelle besteht. (In einer anderen 2D kinematik-Studie wurde festgestellt, dass mehr Pronation gefunden wurde bei Läufern mit Achillessehenentzündung.) 8 der 21 Verletzten Probanden waren auf der linken Seite verletzt. Einige Studien fanden heraus dass kein Unterschied von der rechten und linken Extremität bei unverletzten Läufern gibt, andere fanden Asymmetrien zwischen dem dominanten und nicht-dominanten Bein. Für weitere Studien wird vorgeschlagen, die Datensammlung bei Probanden in der Kontrollgruppe ausgeglichen an der rechten und linken Seite durchzuführen, um diese besser mit der verletzten Gruppe vergleichen zu können. Die Schlussfolgerung der Studie ist es, dass die Muskelaktivität und kinematische Daten von Athleten mit einer Achillessehnenentzündung eine Differenz gegenüber unverletzten Athleten aufweisen.

Can ankle imbalance be a risk factor for tensor fascia lata muscle weakness?

ZWECK DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? ☒ ja ☐ nein	Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage? Der Zweck der Studie ist es den Zusammenhang von Fussgelenskinstabilitäten und Tensor fascia lata Muskelstärke zu untersuchen. Diese Studie bezieht sich auf unsere Forschungsfrage, da sie versuchen herauszufinden, ob eine Fussgelenksinstabilität (verminderte aktive Fussstabilität) einen Einfluss auf die Muskulatur des Knies (M.tensor fascia latae) und somit auf die Stabilität der gesamten unteren Extremität hat. Beides sind wichtige Komponenten in der Prävention von Verletzungen im Laufsport.
LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? ☒ ja ☐ nein	Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde. Es wird aufgezeigt, dass der M. tensor fascia latae eine wichtige Rolle für die Stabilität des Knie- sowie des Fussgelenk und somit für das ganze Alignment der unteren Extremität spielt. Bisher wurden nur globale und nicht einzelne Muskeln auf ihre Wichtigkeit für die Stabilität der unteren Extremität untersucht. Obwohl die einzelnen Muskeln bedeutender sind, um die Wichtigkeit für die Prävention und deren Therapeutische Zwecke auf zu zeigen.
DESIGN ☐ Randomized Controlled Trial (RCT) ☐ Cohort Design ☐ Singel Case Design ☒ Case Control Design ☐ Case Study ☐ Two condition experimental comparison	Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage? Es wurde das Design der Fall-Kontroll-Studie ausgewählt. Für die vorliegende Studie ist dies eine gute Wahl des Designs, da zwei Gruppen (mit und ohne Fussgelenksinstabilität) verglichen werden können.

STICHPROBE N= 30 Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? ☒ ja ☐ nein Wurde die Stichprobengrösse begründet? ☐ ja ☒ nein	Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?) Ankle Imbalance Group (AIG) 15 Fussbalspieler Alter: 26 +/- 6 Jahre Gewicht: 77 +/- 9kg BMI: 24.4 +/- 2.4 Grösse: 176.4 +/- 5.2cm Control Group (CG) 14 Fussbalspieler Alter: 27 +/- 6 Jahre Gewicht: 79 +/- 8kg BMI: 25.8 +/- 2.4 Grösse: 176.6 +/- 5.7cm Die Stichproble wurde aus 30 freiwilligen männlichen Fussballspielern aus unprofessionellen Fussballteams aus Italien zusammengestellt. Es wurde nicht begründet wie die Stichprobe ausgewählt wurde.
OUTCOME MESSUNGEN Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben Waren die outcome Messungen gültig (valide)? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben	Geben sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post- follow up)) und welche Messungen wurden angewendet? Eine Testsession dauerte ungefähr 30min. Vor und nach dem Schock-Absorbtions-Test wurde die isometrische Muskelkraft des M. tensor fascia latae gemessen. Es gab jeweils zwei Versuche für den isometrischen Krafttest. --> siehe Massnahmen HDD force device Ein speziell angefertigtes Messgerät wurde mit einer Kraftmesszelle ausgestattet. Diese wurde zwischen dem Sprunggelenk des Probanden und der Hand des Testers platziert. Es wurde die Maximalkraft, die Muskelkraftdauer und die durchschnittliche Muskelkraft für jeden Teilnehmer und jeden Test gemessen.

MASSNAHMEN Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben? ☒ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Interventionen) vermieden? ☐ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben ☒ entfällt	Beschreiben Sie kurz die Massnahmen. Es wurden Kinesiologische Test angewendet, um die Isometrische Kraft des M. tensor fascia latae vor und nach dem Shock Absorber Test zu messen. Es wurden zwei Versuche vor und nach dem Shock Absorber Test gemacht. Shock Absorber Test Der Shock Absorbtions Test wurde von einem erfahrenen Tester durchgeführt. Es wurde ein manueller Stoss unterhalb des Subtalaren Gelenkes am Fuss mit der „ankle imbalance“ respektive im schwächeren Bein durchgeführt. Die Kräfte welche auf den „subtalus“ während des Test einwirkten wurden anhand des Pedar X-Systems mit einer sensorischen Einlage gemessen. Isometric strenght test by Kendall and Kendall‘s procedure Der gleiche Tester stellte das Bein der Probanden in die korrekte Position. Den Testpersonen wurde instruiert über eine Dauer von 4-5s eine maximale Kraft zu produzieren. Die Messung wurde bei der Kontrollgruppe Gruppe am rechten, dominanten Bein und bei der Ankle Imbalance Gruppe auf der unverletzten Seite gemacht.
ERGEBNISSE Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben? ☒ ja ☐ nein ☐ entfällt ☐ nicht angegeben Wurde die klinische Bedeutung angegeben? ☒ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben	Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen? Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen der AIG und CG in Alter, BMI und Grösse. Das wichtigste Ergebnis ist, dass die mechanische Vibration am verletzten Subtalus eine schwäche des kontralateralen M. tensor fascia latae ausgelöst haben. Es gab signifikante Unterschiede bei der Muskraftdauer. Keine Unterschiede gab es in der Maximalkraft oder der durchschnittlichen Muskelkraft. Es gab keine Unterschiede in der Muskelaktivität der Kontrollgruppe. Welches waren die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Die klinische Bedeutung der Ergebnisse war, dass der Test für „Peak Force“ des M. tensor fascia latae nützlich sein könnte um herauszufinden ob jemand prädisponiert für Knie- und Fussgelenksverletzungen ist. Was wiederum für die Prävention eine wichtige Rolle spielt.

DROP OUT Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben? ☒ ja ☐ nein Waren die ausgeschiedenen Fälle > 15% ☐ ja ☒ nein	Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?) Ein Teilnehmer aus der Gruppe AIG schied aus der Studie aus, da der Unterschied der verschiedenen Tests (vorher, nachher) zu Gross war (10%). Alle andren Teilnehmer wiesen einen Unterschied zwischen 5% +/- 2% auf.
SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie? ☒ ja ☐ nein	Zu welchem Schluss kam die Studie? Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie? Die beurteilte Studie kam zum Schluss, dass eine Instabilität Nahe des Körperschwerpunktes prädisponierend für Knie und Fussgelenksverletzungen sein könnte, wenn am Anfang der Bewegung die isometrische Kraft des M.tensor fascia latae abgeschwächt ist. Eine Grenze der Studie ist es, dass die Tests manuell ausgeführt wurden und es für den Tester fast unmöglich ist, bei jedem Test genau gleichviel Kraft einzusetzen. Deshalb wird angestrebt, eine bessere und standartisierte Variante zu finden.

The Effect of a proprioceptive Balance Board Training Program for the Prevention of Ankle Sprains

ZWECK DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? ☒ ja ☐ nein	Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage? Der Zweck der Studie ist es, die Hypothese ob ein propriozeptive Balanceboard Training effektiv für die Prävention von Sprunggelenksdistorsionen bei Volleyballspieler zu überprüfen. Diese Studie bezieht sich auf unsere Forschungsfrage da untersucht wird, wie sich Propriozeptions- und Gleichgewichtstraining (zur Verbesserung der aktiven Fussstabilität) auf die Prävention auswirkt und welche Effekte erzielt werden.
LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? ☒ ja ☐ nein	Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde. Es gibt schon verschiedene Studien zum Thema „Prävention von Sprunggelenksdistorsionen“ sie sind jedoch zu wenig signifikant. Aufgrund der vielen Spurnggelenksdistorsionen im Volleyball wird nach präventiven Methoden geforscht. Da negative Nebeneffekte durch Tapes und Orthesen bekannt sind, soll mit dieser Studie anhand des Balance Boards bei, dem keine negativen Nebeneffekte genannt werden, auf ihre präventive Wirkung durch Propriozeptionsgewinnung und Kräftigung der Muskulatur und Bänder getestet.
DESIGN ☐ Randomized Controlled Trial (RCT) ☒ Cohort Design ☐ Singel Case Design ☐ Case Control Design ☐ Case Study ☐ Two condition experimental comparison	Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage? Es wurde das Design der Kohortenstudie ausgewählt. Dies entspricht grundsätzlich der Studienfrage. Es könnten jedoch zusätzlich zu den Fragebogen, Messungen für einen objektiven Vergleich zwischen den zwei Gruppen durchgeführt werden.

STICHPROBE N= 1127 Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? ☐ ja ☒ nein Wurde die Stichprobengrösse begründet? ☐ ja ☒ nein	Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?) Interventionsgruppe: 66 Teams (29m, 37w) Kontrollgruppe: 50 Teams (20m, 30w) Alle 288 Teams von der zweiten und dritten Volleyball Liga in Holland wurden für die Studie eingeladen. 116 Teams (49m, 67w → 1127 Spielerinnen und Spieler) haben sich angemeldet. Keine der erwähnten Teams hat bereits Knöchelkrafttraining angewendet. Die Teams sind über 4 geografische Regionen verteilt.
OUTCOME MESSUNG Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben Waren die outcome Messungen gültig (valide)? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben	Geben sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post- follow up)) und welche Messungen wurden angewendet? Jedes Interventionsteam erhielt 5 Boards, Gebrauchsanweisung und ein Demovideo Anfang Saison. → in der Halbzeit der Saison wurden die Teams von den Therapeuten besucht und deren Ausführung usw. gecheckt. Zum Saisonstart (Sept. 2001) füllten alle Teilnehmenden einen Fragebogen über die demografischen Variablen, Sportaktivitäten, verschiedenen Verletzungspräventionsarten und vergangene Verletzungen aus. → follow up 1 im Januar 2002 → follow up 2 im May 2002 (Ende des Tests) Wöchentlich füllten die Trainer “exposure” Forms (exposure-=Ausgesetzt) aus, wobei von jedem Spieler die Trainingssession und Matches aufgeführt wurden. Gründe für die Nicht-Teilnahme werden ebenfalls notiert. Falls Daten fehlen oder unklar sind, werden die Unklarheiten mit dem Trainer bereinigt.

MASSNAHMEN	Beschreiben Sie kurz die Massnahmen.
Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben? ☒ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Interventionen) vermieden? ☐ ja ☐ nein ☒ nicht angegeben ☐ entfällt	Das Trainingsprogramm enthält 14 Grundübungen auf und neben dem Balance Board, mit verschiedenen Varianten jeder Übung. Der Trainer gab jede Woche die 4 vorgesehenen Übungen bekannt. Die 4 Übungen in derselben Woche waren gleich schwierig und sollten in der gleichen Intensität trainiert werden. Von Woche zu Woche steigerte sich die Schwierigkeit und Intensität. Die Übungen wurden während dem Warm-up durchgeführt und dauerte jeweils pro Übung ca. 5' (beide Beine inklusive). Die gleiche Übung konnte nicht mehrmals in derselben Woche ausgewählt werden.

ERGEBNISSE Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben? ☒ ja ☐ nein ☐ entfällt ☐ nicht angegeben Wurde die klinische Bedeutung angegeben? ☒ ja ☐ nein ☐ nicht angegeben	Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen? Auftreten von Verletzungen in den beiden Gruppen total - Interventionsgruppe: 2.1 pro 1000 Trainingsstunden (95%, CI, 1.8-2.5) - Kontrollgruppe: 2.4 pro 1000 Trainingsstunden (95% CI, 1.9-2.8 Die akute Verletzungshäufigkeit - in der Interventionsgruppe war 1.4 (95% Ci, 1.0-1.7) pro 1000 Trainingsstunden - in der Kontrollgruppe 1.8 (95% CI, 1.4-2.2) pro 1000 Trainingsstunden Es wurden keine Unterschiede festgestellt bezüglich totalen Verletzungshäufigkeit im Training und während Matches. In beiden Gruppen war das Sprunggelenk, der meist verletzte Körperteil. - Interventionsgruppe → Sprunggelenksdistorsionen war 0.5 (95% CI, 0.3-0.6) - Kontrollgruppe → Sprunggelenksdistorsionen RD 0.9 (95% CI, 0.6-1.2) Die Sprunggelenksdistorsionen in der Interventionsgruppe war mit RD von 0.4 pro 1000 Trainingsstunden signifikant tiefer als die Kontrollgruppe. Es wurden keine Differenzen zwischen den beiden Gruppen für Verletzungen anderer Körperteile gefunden. Bei einer Subgruppe zeigte sich, dass bei vorbestehenden Knieverletzungen ein grössere Risiko für Knieverletzungen in der Interventionsgruppe (RR=5.0, 95% CI, 11.1-24.3) besteht. Die wichtigsten Resultate sind: - die Verletzungsanfälligkeit (incidence) von akuten Sprunggelenksdistorsionen für Spieler mit vorbestehenden Verletzungen sind tiefer in der Interventionsgruppe. - Die Häufigkeit von Überbelastungs-Knie-Verletzungen für Spieler mit vorangegangenen Knieproblematik war höher in der Interventionsgruppe. Welches waren die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Die Literatur zeigt, dass propriozeptive Funktionen am Fussgelenk nach einer Verletzung reduziert sind, was zu Wiederverletzungen führen kann. Dieser Beeinträchtigung kann mittels Balance Board Training entgegen geholfen werden. Diese Studie zeigt nicht den Präventiven (Primäre Prävention), sondern eher den Rehabilitativen Effekt (Sekundäre Prävention).

DROP OUT Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben? ☒ ja ☐ nein Waren die ausgeschiedenen Fälle > 15% ☒ ja ☐ nein	Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?) Es schieden insgesamt 395 Teilnehmer (249 in der Interventions- und 146 in der Kontrollgruppe). Dies sind 35% der Anfänglich 1127 Probanden! Einige Gründe für drop-outs: Verletzungen Nicht-Retournieren vom zweiten Formular Motivationsprobleme Trainerwechsel Auflösung des Teams Zeitnot
SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie? ☒ ja ☐ nein	Zu welchem Schluss kam die Studie? Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie? Diese Studie zeigt, dass vermehrt over-use Knieverletzungen auftreten, in der aktuellen Rehabilitation Balance Board Übungen für traumatischen Knieverletzungen verwendet werden. Hinzu kommt, dass diese 4*5' Training pro Woche nicht alleine ausschlaggebend sein können für die Knieüberbelastung. Diese Studie zeigt, das propriozeptives Balance-Board-Training in der Prävention von einer sekundären Sprunggelenksdistorsion effektiv ist. Das Balance Board Training wird Volleyballspielern empfohlen, die bereits eine Sprunggelenksdistorsion erlitten haben. Athleten welche kürzlich einen Überlastungsschaden am Knie erlitten, sollen eher auf das Programm verzichten. Grenzen der Studie ist der limitierte Kontakt mit den Trainern (nur am Instruktionsdatum und während den follow up's). Eine weitere Grenze ist die hohe Rate der Nichtbeantwortung von Fragebögen (grosses Drop out)

8.2. Artikel Sonntagszeitung vom 04.04.2010

AUF DEM WEG ZUM NATURAL RUNNING

TRADITIONELLE LAUFSCHUHE:

Bei Sportlern, die in solchen Schuhen auf dem Laufband joggten, war die Hüfte im Schnitt um 54 und waren die Knie zwischen 36 und 38 Prozent stärker belastet als beim Barfusslaufen

Biomechaniker forcieren es schon lange - nun bringen Hersteller Laufschuhe mit natürlicher Bewegungsfreiheit

Von Sabine Olff

Die Laufschuhindustrie strotzt vor Erfindergeist, aber nur auf den ersten Blick. Denn hinter Gel, Air, Shox, Heel-Clutching-System oder Pronationsstützen steckt im Wesentlichen immer das gleiche, alte Prinzip: dämpfen, stützen, führen. «Möglicherweise ist genau das falsch», sagt Gert-Peter Brüggemann, Leiter des Instituts für Biomechanik und Orthopädie an der Deutschen Sporthochschule in Köln. Denn die Zahl der laufinduzierten Verletzungen habe in den letzten 30 Jahren nicht merklich abgenommen.

Nun steht eine neue Gattung Schuh am Start. Sie soll die Bewegungen des Fusses zulassen, die er selbst favorisiert, und so die Rate der Verletzungen reduzieren. Kurz: Natural Running. Das Konzept geistert schon länger durch die wissenschaftliche Literatur. Jetzt haben es Hersteller aus der Gesundheitsschuhecke und der Triathlon-Szene erstmals konsequent umgesetzt.

«Man hat vor dem Aufprall des Fusses Angst bekommen»

Den vermutlich falschen Weg schlugen die grossen Laufschuhfirmen bereits vor mehr als 30 Jahren ein. «Man hat plötzlich vor dem Aufprall des Fusses auf den harten Boden Angst bekommen», sagt Brüggemann. Dämpfungselemente wurden vor allem unter der Ferse eingebaut und der Fuss hochgebockt. Die Folge: Der Rückfuss wurde instabil; der Fuss kippte beim Joggen verstärkt nach innen (Pronation). Fersenklammern und Pronationsstützen sollten dem Fuss die Stabilität zurückgeben. «Ihm wurde eine unnatürliche Bewegung aufgezwungen», sagt Brüggemann.

Ob solch stabiles Schuhwerk die läufertypischen Leiden an Knie, Schienbein und Achillessehne reduzieren kann, wurde offenbar noch nie systematisch untersucht. So wollten australische Mediziner alle klinischen Studien zum Thema Verletzungsrate beim Tragen von Stabilschuhen zusammentragen. Sie fanden keine einzige. «Für die Empfehlung dieses Schuhtyps fehlt die wissenschaftliche Basis», schrieben sie vor zwei Jahren im «British Journal of Sports Medicine».

Gut dokumentiert ist hingegen, was die Gelenke auszuhalten haben, wenn die Füsse in herkömmlichen Laufschuhen stecken. In einer kürzlich publizierten Studie spulten 68 Sportler barfuss und in als neutral eingestuften Joggingschuhen ihre Kilometer auf dem Laufband ab. Die Hüfte wurde während des «beschuhten» Laufs im Schnitt um 54 Prozent stärker belastet als beim Barfusslauf. Auf die Knie wirkten zwischen 36 und 38 Prozent höhere Kräfte ein.

Auch das Wissenschaftsmagazin «Nature» nahm sich kürzlich des Themas an. Laut einer Studie von Daniel Lieberman, Evolutionsbiologe an der Harvard University in Cambridge, rennen gebürtige Barfussläufer auf festem Untergrund ganz anders und für die Gelenke verträglicher als Jogger, deren Füsse in Laufschuhen stecken. Letztere treten zuerst mit der Ferse auf, während die barfüssigen Läufer eher mit dem Ballen oder dem Mittelfuss aufsetzen. Der Fuss federt so den ersten Aufprall ab, das Knie wird weniger stark belastet als das der Schuhträger.

«Das weiss man schon lange», sagt Brüggemann. Ihm fehlt die Differenzierung: Barfussläufer liefen nicht per se auf dem Vorfuss; ob Ballen oder Ferse, sei abhängig vom Untergrund. «In gängigen Joggingschuhen haben die Füsse diese Freiheit nicht mehr.»

Barfussschlappen sollen vor Schnittverletzungen schützen

Nun soll sie ihnen zurückgegeben und die Schuhe abgerüstet werden. Das heisst: Fuss nah an den Boden bringen und möglichst alle Materialien weglassen, die wie Pronationsstützen als Hebel wirken. «Auf dieses Umdenken warte ich seit zehn Jahren», sagt Bernhard Segesser, der als orthopädischer Chirurg an der Praxisklinik Rennbahn in Muttenz arbeitet und Laufschuhtrends seit den 1970er-Jahren kritisch unter die Lupe nimmt.

In den USA wird der Trend zu mehr Fussfreiheit in Extremform betrieben: Einige Jogger laufen sogar einen Marathon auf blanken Füssen. Um die Füsse zumindest vor Schnittverletzungen und spitzen Steinen zu schützen, haben Hersteller wie Vibram und Feelmax bereits Minimalschlappen zum Joggen kreiert.

Weder für Brüggemann noch für Segesser ist das jedoch die Lösung. «Wir haben uns verändert», sagt Brüggemann, «unsere Fussmuskulatur ist verkümmert, die dicken Fettpolster unter Ballen und Ferse sind auf ein Minimum geschrumpft.» Man brauche einen Schuh, der die natürlichen Bewegungen der Gelenke zulässt, sie dabei unterstützt und die Belastungen gleichzeitig reduziert.

Und so sollte ein Natural-Running-Schuh aussehen: flache Sohle aus weichen elastischen Materialien, die das Fettgewebe simulieren; kein wesentlicher Höhenunterschied zwischen Vor- und Rückfuss; schmale, abgerundete Ferse; der Rückfuss ist gegen den Vorfuss beweglich und der Schuh vor allem im vorderen Bereich flexibel. Stützende und dämpfende Elemente fehlen weitgehend. «Die richtige Konstruktion ist ein Hochseilakt», sagt Segesser.

So gebaut, setzt der Fuss etwas später auf als in herkömmlichen Laufschuhen. Die Laufbewegung wird insgesamt flacher und runder. «In den traditionellen Modellen ist das eher eine Klappbewegung», sagt Brüggemann, «wie beim Flugzeug bei der Landung: erst die Hinterräder dann der Rest.» Durch die insgesamt leicht instabile und bodennahe Bauweise soll die Fussmuskulatur aktiviert werden und für Stabilität und aktive Dämpfung sorgen.

Einer, der sich an die Umsetzung gewagt hat, ist der dänische Schuhhersteller Ecco - ein Neuling auf dem Laufschuhmarkt. Seit letzter Saison steht sein Modell namens «Biom» in ausgewählten Laufschuhshops. «Das sind die Ersten, die die Ideen konsequent aufgegriffen haben», sagt Brüggemann.

Andere innovative Entwicklungen kommen aus der Triathlon-Szene. «Scott hat Schuhe, die in die Richtung gehen, oder Newton», sagt Segesser. Und On. Das kleine Schweizer Unternehmen, an dem der Ex-Triathlet Olivier Bernhard beteiligt ist, heimste mit seinem

Schuh kürzlich an der Internationalen Sportartikelmesse in München den Brand New Award ein. Ab Juni ist der «On» zu haben. Charakteristischstes Merkmal: die Sohle, die aus 13 kreisförmigen, hohlen Gummielementen besteht, die sich beim Aufprall schliessen und flach wie eine Flunder werden.

Und Laufschuhriesen wie Asics, Adidas oder Nike? «Die haben auch abgerüstet», sagt Segesser, «und zwar indem sie weniger dämpfen als früher.» Für Änderungen im grossen Stil seien sie bislang aber nicht bereit gewesen. Das sieht auch Brüggemann so. Er sagt: «Die Kleinen haben die Grossen in letzter Zeit ganz schön geärgert. Das ist gut so.»

Ein Alltagsschuh wird zum Kraftraum für die Füsse

Die letzte Revolution seitens der grossen Hersteller ist für Brüggemann der Free von Nike, ein Barfussschuh. Im Unterschied zu den Natural-Running-Modellen ist er nicht zum Laufen da. Durch das blosse Tragen als Alltagsschuh sollen die Füsse belastet und die Muskulatur trainiert werden - ein Kraftraum für die Füsse. Dass die Idee funktioniert, belegen erste Studien. Eine Untersuchung mit 100 Freizeitsportlern zeigte, dass ein sechsmonatiges Free-Training die laufinduzierte Verletzungsrate im folgenden Jahr um etwa 30 Prozent reduziert. Barfusstraining und Free-Tragen empfehlen die Experten auch allen Läufern, die auf Natural-Running-Modelle umsteigen wollen. «Mit einer gut trainierten Fussmuskulatur ist es fast für jedermann möglich, solche Schuhe mit Vergnügen zu laufen», sagt Segesser.

Ob die neuen Modelle tatsächlich den Laufstil verändern und dadurch Belastungen und letztlich die Zahl der Verletzungen reduzieren, ist zum jetzigen Zeitpunkt aber noch völlig unklar.