

Bachelorarbeit

**Effekt von Koordinationstraining
auf die posturale Kontrolle bei
Sprunggelenksinstabilitäten**

Müller Anja, Engenmoosstrasse 17, 8880 Walenstadt, S08256331

Widmer Nicole, Kirchweg 4, 9613 Mühlrüti, S08256224

Departement: Gesundheit
Institut: Institut für Physiotherapie
Studienjahr: 2011
Eingereicht am: 6. Mai 2011
Betreuende Lehrperson: Y. Mohr

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	4
1.1	Abgrenzung	4
1.2	Einschränkungen der Arbeit	4
1.3	Einführung in die Thematik.....	5
2.	Koordinationstraining bei Sprunggelenksinstabilitäten	6
2.1	Methodik.....	6
2.2	Theoretischer Hintergrund.....	7
3.	Resultate	18
3.1	Verwendete Studien	18
3.2	Zusammenfassung der Resultate.....	19
3.3	Verwendete Messinstrumente	29
4.	Diskussionen	33
4.1	Posturale Kontrolle und Stabilität	33
4.2	Studiendesign.....	34
4.3	Die Stichprobe	35
4.4	Rekrutierung der Studienteilnehmer.....	35
4.5	Verblindung	36
4.6	Dauer des Trainingsprogramms	36
4.7	Messgeräte.....	36
4.8	Messung im Einbeinstand	36
4.9	Studie von Kidgell et al., 2007	37
4.10	Studie von Kyungmo et al., 2009	37
4.11	Studie von Lee et al., 2008.....	38
4.12	Studie von McKeon et al., 2008	38
4.13	Studie von Sefton et al., 2010	38
4.14	Theorie-Praxistransfer.....	39
5.	Schlussfolgerungen.....	43
6.	Verzeichnisse	45
6.1	Literaturverzeichnis	45
6.2	Bildverzeichnis	48
7.	Wortzahl	49
8.	Danksagung	50
9.	Eigenständigkeitserklärung	50

Abstract

Hintergrund

Sprunggelenksinstabilitäten werden mit verschiedenen physiotherapeutischen Interventionen behandelt. In der Praxis kommt häufig das Koordinationstraining zum Zuge. Über die Wirksamkeit dieses Trainings ist man sich jedoch noch uneinig. Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist, den Effekt des Koordinationstrainings auf die posturale Kontrolle bei Sprunggelenksinstabilitäten zu evaluieren.

Methode

Für den Studienteil wurde ausschliesslich Primärliteratur verwendet, die in den Datenbanken Pubmed-Medline und Pedro durch elektronische Recherche auffindig gemacht wurde und in den Jahren 2007 bis 2011 erschienen ist. Nach dem Analysieren des Inhalts blieben noch fünf Studien übrig, welche die Fragestellung dieser Bachelorarbeit beinhalten. Diese wurden anhand des Formulars von Law, Stewart, Pollock, Letts, Bosch & Westmorland (1998) bewertet. Die Studien setzen sich aus drei randomisierten kontrollierten Studien, einer Vorher-Nachher Untersuchung und einer prospektive Kohorte zusammen. Die Stichproben bestehen aus körperlich aktiven sowie jüngeren Personen. Der Theorieteil wurde anhand von aktueller Primär- und Sekundärliteratur erarbeitet.

Resultate

Alle Studien evaluierten einen positiven Effekt des Koordinationstrainings auf die posturale Kontrolle. Die dynamische posturale Kontrolle wurde in allen fünf Studien verbessert. Die statische posturale Kontrolle konnte jedoch nicht in allen Studien als effektiv ausgewertet werden. In einer Studie wurde der Effekt des Koordinationstrainings auf die Motoneuronreizbarkeit untersucht und in einer anderen Studie galt die subjektive Einschätzung der Sprunggelenksfunktion als Messwert. Auch diese beiden Messwerte konnten durch das Koordinationstraining positiv beeinflusst werden.

Diskussion

Die Studien zeigen alle einen positiven Effekt des Koordinationstrainings auf. Mit der verbesserten posturalen Kontrolle und Propriozeption wird auch die Stabilität im Sprunggelenk erhöht. Über die genaue Wirksamkeit des Koordinationstrainings sind sich die Forscher uneinig.

Weitere Forschung ist nötig, um den neuromuskulären, biomechanischen und physiologischen Effekt von Koordinationstraining zu evaluieren. Weitere Uneinigkeit herrscht über die Dauer und die Dosierung eines Koordinationstrainings.

Theorie-Praxistransfer

Mit vielen verschiedenen Trainingsgeräten kann ein Koordinationstraining gestaltet werden. Von Bedeutung sind die Ausgangsstellung der Übung, die Übungsauswahl und die Trainingsintensität. In Bezug auf die Wundheilung muss jeder Patient individuell beurteilt werden und das Training danach ausgerichtet werden.

Schlussfolgerung

Um eine allgemein gültige Aussage des Koordinationstrainings zu machen, müssten zukünftige Studien einheitlicher durchgeführt werden. Das Design, die Massnahme sowie die Messgeräte müssen vergleichbar sein. Weitere Forschung könnte bei der Wirksamkeit des Koordinationstrainings auf neuromuskulärer, biomechanischer und physiologischer Ebene angesetzt werden.

1. Einleitung

1.1 Abgrenzung

Die Zielgruppe der vorliegenden Arbeit bezieht sich auf Bachelorstudienabgänger der Physiotherapie, auf bereits ausgebildete Physiotherapeuten und alle, die ein Interesse an dem Thema hegen. Die Fach- und Fremdwörter, welche in dieser Arbeit aufgeführt sind, werden im Glossar am Schluss dieser Arbeit erklärt. Die männliche Form wurde sinngemäss auch für die weibliche verwendet.

1.2 Einschränkungen der Arbeit

In diese Arbeit wurden nur englische- und deutschsprachige Studien miteinbezogen. Ein positiver Aspekt der Arbeit ist, dass nur aktuelle Studien seit dem Jahr 2007 beurteilt wurden, das heisst, dass die Arbeit den aktuellen Wissensstand zur Fragestellung widerspiegelt.

1.3 Einführung in die Thematik

Das Supinationstrauma am oberen Sprunggelenk (OSG) ist die häufigste Verletzung in der Sportorthopädie (Frigg, zitiert nach Leumann, Tsaknis, Wiewiorski & Valderabano, 2008).

Sechs Wochen sind nötig, um die primäre Stabilität der Ligamente im OSG wieder herzustellen. Weil die Bandverletzungen (Überdehnungen, Rupturen und Teilrupturen) gemäss aktueller Datenlage fast immer konservativ behandelt werden (Ausnahme sind vollständige Rupturen bei Sportlern, welche eine operative Bandrekonstruktion erhalten), kommt der physiotherapeutischen Nachbehandlung eine wichtige Bedeutung zu. Ziele nach einem Supinationstrauma sind es, die Gelenkskontrolle (funktionelle und neuromuskuläre Stabilität), sowie die mechanisch-ligamentäre Stabilität wiederherzustellen (Leumann et al., 2008). Ein Teil der Nachbehandlung wird dem Koordinationstraining zugeschrieben.

Man nimmt sich jedoch oft nicht genügend Zeit für die Wundheilung der Ligamente, da im Breitensport das Bedürfnis besteht, schnellstmöglich wieder die sportliche Tätigkeit aufzunehmen. Die Therapie und die Rehabilitation werden abgekürzt, was die Grundlage für eine Instabilität am OSG schafft (Frigg et al., 2006).

Das Supinationstrauma kann zu einer mechanischen oder funktionellen Instabilität führen oder zu einer Kombination von beiden. Mechanische Instabilität bezeichnet die zu geringe Stabilität aufgrund struktureller Verletzungen, das heisst Verletzungen vom Kapsel-Band-Apparat (Diemer & Sutor, 2007).

Von einer funktionellen Instabilität spricht man bei sensomotorischen Steuerungsproblemen (Diemer & Sutor, 2007). Da die Bandstrukturen verletzt sind, hat dies Veränderungen im neuromuskulären System zur Folge, welche dem Sprunggelenk eine wichtige Unterstützung bietet. In etwa zehn bis dreissig Prozent der Fälle kommt es von einer funktionellen oder mechanischen zu einer chronischen Sprunggelenksinstabilität (Diemer & Sutor, 2007).

Bei einer Instabilität verändern sich die supraspinale Steuerung und somit auch die posturale Kontrolle. Die Rehabilitation nach akuten Supinationstraumen oder bei einer Instabilität sollte unbedingt Koordinationstraining im betroffenen, sowie im nicht betroffenen Bein beinhalten, um diese motorische und posturale Kontrolle wiederherzustellen (Hass, Bishop, Doidge & Wikstrom, 2010).

In der bearbeiteten Literatur wird erwähnt, dass Koordinationstraining bei einer Sprunggelenksinstabilität wichtig ist (Hass, Bishop, Doidge & Wikstrom, 2010). Aber wie wirkt sich das Koordinationstraining bei Sprunggelenksinstabilitäten aus? Diese Fragestellungen versuchen die Autorinnen in dieser Bachelorarbeit zu beantworten. Das Interesse und die Motivation, die Bachelorarbeit zu diesen Themen durchzuführen, entstanden auch aus persönlichen Erfahrungen mit dieser Verletzung und Erlebnissen aus der Praxis.

1.3.1 Fragestellung

In dieser Bachelorarbeit wird die folgende Fragestellung beantwortet: Hat Koordinationstraining einen Effekt auf die posturale Kontrolle bei Sprunggelenksinstabilitäten?

2. Koordinationstraining bei Sprunggelenksinstabilitäten

2.1 Methodik

Die oben beschriebene Fragestellung wird mit einer Literaturreview bearbeitet. Zur Beantwortung wurden drei randomisierte kontrollierte Studien, eine prospektive Kohorte und ein Vorher-Nachher-Design untersucht und beurteilt. Einschlusskriterien von Studien bei der Literaturrecherche waren:

- Ziel der Studie mit der Fragestellung übereinstimmend
- Erscheinungsjahr der Studien 2007-2011
- Vergleichbare Messungen und Instrumente
- Quantitative Forschungsdesigns
- Studien in deutscher oder englischer Sprache

Die Hauptrecherche der Arbeit wurde mit Hilfe der Datenbanken Pubmed-Medline und Pedro von Dezember 2010 bis März 2011 durchgeführt. Bei der Suche wurden die Keywords „balance“, „proprioception“, „postural control“, „coordination“, „training“, „ankle instability“ und „effect“ eingesetzt. Die Recherche in den Datenbanken ergab eine grosse Anzahl an Treffern. Die Suche wurde eingeschränkt, da im Jahre 2008 und 2010 zwei Literaturreviews zum Thema „Is balance training clinically effective?“ (McKeon & Hertel, 2008) und „Functional rehabilitation interventions for chronic ankle instability“ (Webster & Gribble, 2010) gemacht wurden, welche Studien bis zum Jahre 2008 berücksichtigten.

Da diese zwei Reviews eine ähnliche Fragestellung behandeln, wurden in der vorliegenden Arbeit keine Quelle der genannten Reviews zur Studienbearbeitung miteinbezogen. Es wurden nur aktuelle Studien, welche die Fragestellung dieser Bachelorarbeit beantworten können, ausgewählt. Sieben Studien wurden analysiert. Zwei davon wurden nicht miteinbezogen, da sich eine vor allem auf das Ergebnis von Koordinationstraining auf den Gang beschränkte: „Effects of balance training on gait parameters in patients with CAI“ (McKeon, Paolini, Ingersoll, Kerrigan, Saliba, Bennett & Hertel, 2009). Die andere Studie beschäftigte sich nur mit selbstständigem Koordinationstraining: „Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain“ (Hupperets, Verhagen & van Mechelen, 2009).

Die fünf verbleibenden Studien wurden anhand des Formulars zur kritischen Besprechung quantitativer Studien von Law et al. (1998) analysiert, in tabellarischer Form dargestellt, zusammengefasst und in der Diskussion kritisch gegenübergestellt.

2.2 Theoretischer Hintergrund

2.2.1 Bedeutung der Koordination

Laut Diemer & Sutor (2007) ist die Koordination die Grundlage jeder menschlichen Bewegung. Diese Fähigkeit ist für das Erlernen, Steuern und Anpassen von Bewegungen verantwortlich (Häfelinger, zitiert nach Diemer & Sutor, 2007). Zudem ermöglicht sie ein erfolgreiches Bewegungshandeln in verschiedenen Situationen und Umgebungen. Häfelinger & Schuba (2010) beschreiben die Koordination auch als wichtige Fähigkeit, um Bewegungen im Alltag ökonomisch durchführen zu können, ohne dabei die Körperkontrolle oder die Gelenkstabilität zu verlieren.

Diemer & Sutor (2007) sind ähnlicher Meinung: „Es ist wichtig, dass das Zusammenspiel von Sinnesorganen, Nervensystem, Gelenken und Muskeln gut funktioniert, damit Handlungen erfolgreich umgesetzt werden können.“ Ausserdem ist die Koordination ein wichtiger Faktor für die Leistungsfähigkeit einer Person. Sie hat auch einen Einfluss auf die Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit und Beweglichkeit (Häfelinger & Schuba, 2010).

Aufgrund der oben erwähnten Gründe gewinnt das Thema Koordination in der Rehabilitation immer stärker an Bedeutung. Die Erkenntnisse in diesem Bereich verändern sich dank intensiver Forschung von Neurophysiologen stetig.

Zurzeit wird angenommen, dass sich folgende **neurophysiologischen Prozesse zur Bewegungskontrolle** im Körper abspielen.

1. Afferente Informationen für die feine Bewegungsabstimmung werden von propriozeptiven, visuellen und vestibulären somatosensorischen Rezeptoren bereitgestellt. Diese Rezeptoren befinden sich hauptsächlich in Muskeln, Bändern und in der Gelenkkapsel (Ergen & Ulkar, 2007).
2. Periphere Reflexsteuerung: Die Signale aus der Peripherie werden auf Rückenmarksebene meist über Reflexmuster bearbeitet. Muskelspindeln messen die Veränderung der Muskellänge und können über Reflexbögen auf einen plötzlichen Richtungswechsel oder Bewegungsunebenheiten reagieren (Häfelinger & Schuba, 2010).
3. Zentrale Programmsteuerung: Die Signale gelangen über afferente Bahnen, die sich in der weissen Substanz des Rückenmarks befinden, zum Cerebellum und zum Hirnstamm. Im Hirnstamm werden die somatosensorischen, vestibulären und visuellen Informationen zur Erzeugung einfacher motorischer Programme benutzt. Mithilfe dieser kann die Körperhaltung gegen die Schwerkraft stabilisiert werden. Die Informationen werden vom Hirnstamm und dem Kleinhirn zur Grosshirnrinde weitergeleitet. Dort findet die Zielprogrammierung statt. Dieses Programm wird unter Beteiligung des Kleinhirns und der Basalganglien umgesetzt. Dadurch wird der primärmotorische Kortex aktiviert, welcher absteigende Informationen direkt und indirekt über den Hirnstamm zum Rückenmark sendet. Von dort aus gelangt das Kommando über die Aktivierung des a-Motoneurons zum Muskel, der Muskel kontrahiert und eine Bewegung findet statt (Klinke, Pape & Silbernagl, 2005).

Mögliche Ursachen für eine veränderte Koordination sind Störungen oder Verletzungen in einem Körperabschnitt. Ein Supinationstrauma und eine allfällig folgende Sprunggelenksinstabilität können sich negativ auf die Koordination des Fusses auswirken. Die Koordination ist gestört und zusätzlich steigt die Verletzungsgefahr. Verschiedene Bereiche der Koordination können dadurch langfristig verändert sein.

2.2.2 Komponenten der Koordination

„Koordination beinhaltet mehrere Komponenten, die sich überschneiden:

- Gleichgewichtsfähigkeit (den Körper gegen die Schwerkraft im Gleichgewicht halten, im Englischen auch „Postural Control“ genannt)

- Orientierungsfähigkeit (Strukturierung der Lage und der Bewegung des Körpers im Raum)
- Reaktionsfähigkeit (schnell auf interne und externe Reize reagieren)
- Differenzierungsfähigkeit (Bewegungsgenauigkeit und Abstimmung)
- Kopplungsfähigkeit (Einzelbewegungen so abstimmen, dass eine fließende Gesamtbewegung entsteht)
- Rhythmisierungsfähigkeit (Bewegungsabläufe im entsprechenden Rhythmus durchführen)
- Antizipationsfähigkeit (Situationen voraussehen und motorische Antwort rechtzeitig anpassen)
- Umstellungsfähigkeit (sich schnell auf neue Situationen und Handlungsabläufe einstellen)“ (S. 89) (Diemer & Sutor, 2007)

Neben den verschiedenen Komponenten der Koordination unterscheidet man zwischen zwei verschiedenen Arten der Koordination. Diese werden nachfolgend beschrieben.

2.2.3 Intra- und Intermuskuläre Koordination

Im Training wird zwischen der intra- und intermuskulären Koordination unterschieden. Häfeling & Schuba (2010) beschreiben die intramuskuläre Koordination als die Kraftentfaltung innerhalb eines Muskels. Die Kraftentfaltung erfolgt durch die vermehrte Rekrutierung von motorischen Einheiten in einem bestimmten Muskel (Schönle, 2004).

Dies ist nicht zu verwechseln mit der intermuskulären Koordination. Hierbei geht es um die Abstimmung von Agonist und Antagonist innerhalb eines Bewegungsablaufes (Häfeling & Schuba, 2010). Um eine verbesserte Bewegungskoordination zu erreichen, kann die intermuskuläre Koordination trainiert werden (Schönle, 2004). Dies führt zu einem verminderten Energieverbrauch und einer verbesserten Leistungsfähigkeit, das heisst, die Bewegung wird flüssiger, präziser und somit auch ökonomischer (Häfeling & Schuba, 2010).

Nachdem die Koordination ausführlich beschrieben wurde, wird anschließend auf die Propriozeption eingegangen.

2.2.4 Bedeutung der Propriozeption

Grigg (1994) beschreibt die Propriozeption folgendermassen: „Propriozeption ist der Lage-, Kraft- und Bewegungssinn der Glieder. Dieser Sinn kann durch eine vermehrte Neuronenaktivität in der Haut, Muskulatur und im Gelenksgewebe verbessert werden.“ Eine andere Definition stammt von Schmidt (1995): „Unter Propriozeption fasst man alle Sinneseindrücke zusammen, die durch Reizung von Muskel, Sehnen- und Gelenksmechanosensoren zustande kommen. Diese Sinnesmodalität dient dem Kraftsinn und der Wahrnehmung von Stellung (Positionssinn) und Bewegung (Kinesithäsie) einzelner Teile unseres Körpers.“

Häufig werden in der Literatur, vor allem in englischen Texten, die Wörter Koordination und Propriozeption mit derselben Bedeutung verwendet. Im deutschsprachigen Raum ist dies hingegen nicht der Fall. Propriozeption ist ein Teilaspekt der Koordination (Häflinger & Schuba, 2010) und eine Voraussetzung für eine gut funktionierende Koordination. Propriozeption besteht aus der Gleichgewichts- und Reaktionsfähigkeit. Die Hauptaufgabe ist die Orientierung im Raum und geschieht über die Wahrnehmung der Gelenksstellung und -bewegung (Häflinger & Schuba, 2010). Die verschlechterte Propriozeption kann eine Folge von Sprunggelenksverletzungen sein (Comfort & Abrahamson, 2010).

Für die Theorie der Koordination finden sich in der Literatur detaillierte Erklärungsmechanismen. Doch wie wirkt sich das Koordinationstraining auf unseren Körper aus? Was muss geschehen, damit man von einem Effekt sprechen kann?

2.2.5 Auswirkungen eines Koordinationstrainings

Die Auswirkungen des Koordinationstrainings auf struktureller, biomechanischer und neurophysiologischer Ebene konnte die Wissenschaft noch nicht eindeutig aufzeigen.

Ob Koordinationstraining einen Einfluss auf die Muskelreaktionszeit hat und dadurch eine allfällige Rezidivverletzung verhindern kann, wird zurzeit noch erforscht.

Vaes (zitiert nach Diemer & Sutor, 2007) stellte fest, dass eine Verkürzung der Muskelreaktionszeit des Musculus peroneus longus und des Musculus peroneus brevis ein Auftreten eines Supinationstraumas verhindern könnte. Durch die Voraktivierung dieser Muskulatur wäre die Gefahr kleiner, in einen traumatisierenden Supinationswinkel zu gelangen.

Delahunt veröffentlichte 2007 eine Review zum Thema: “Peroneal reflex contribution to the development of functional instability of the ankle joint”, welche eine andere Aussage macht. Er beschreibt, dass der Peroneusreflex kaum der wichtigste physiologische Mechanismus für die Stabilisation des Fussgelenkes sei. Nach Riemann et al. (zitiert nach Delahunt, 2007) ist die Veränderung der zentralen motorischen Programmierung für die funktionelle Instabilität bedeutsamer als die verspätete Reflexantwort der Peroneusmuskeln. Dies bedeutet, dass man mit einer Verbesserung der motorischen Programmierung die Fussgelenksstabilität verbessern könnte.

Diese Annahme wird von Filipa, Byrnes, Paterno, Myer & Hewett (2010) unterstützt. Die Autoren erwähnen in ihrer Studie, dass die Verbesserungen im Star Excursion Balance Test (SEBT) (in den posterolateralen und posteromedialen Richtungen) möglicherweise das Resultat von einer verbesserten neuromuskulären Kontrolle und kaum auf den Kraftzuwachs der unteren Extremitäten zurückzuführen sei.

Das motorische Lernen hat somit beim Koordinationstraining eine grosse Bedeutung. Bizzini (2000) beschreibt das motorische Lernen als wichtigen Faktor bei der Veränderung des Körperverhaltens. Unter dem motorischen Lernen versteht man die Verarbeitung sensorischer Inputs, die motorische Kontrolle, die Gewinnung von Bewegungsfertigkeiten, die Fähigkeit, diese Skills in verschiedenen Situationen anzuwenden und die Speicherung dieser Fertigkeiten (Gentile, Higgins, Nyland et al., zitiert nach Bizzini, 2000). Es wird auch vermutet, dass eine Veränderung in der Biomechanik (zum Beispiel bei Bewegungen) die neuralen Antworten modifizieren. Afferente Informationen haben einen Einfluss auf die efferente Antwort. Aus biomechanischer Sicht sind folgende Elemente einer Bewegung von Bedeutung:

- Kräfte, die auf die Extremität einwirken
- Drehmomente
- Verhältnis zwischen Drehmoment und wechselnden Gelenkwinkeln
- Kinematische Aspekte

Laube (2009) erwähnt in seinem Buch über das sensomotorische System auch, dass die Trainingswirkungen der Koordination auf dem sensomotorischen Lernprozess basieren. Durch die Wiederholung der Bewegungsvorstellung einer Aufgabe wird das sensomotorische System trainiert.

Dies führt zu einer positiven Veränderung in den neuronalen Verknüpfungen auf allen Ebenen. Nachdem der Lernerfolg einer Übung einsetzt, werden strukturelle Anpassungen durch neue Verschaltungsmuster generiert. Die Struktur auf- und absteigender Bahnsysteme wird somit der Funktion angepasst. Bahnsysteme die häufig gebraucht werden, werden verstärkt (Laube, 2009).

Einen anderen Erklärungsversuch für den Effekt von Koordinationstraining machen Kidgell, Horvath, Jackson & Seymour (2007). Laut dieser Studie könnte eine mögliche Erklärung für den Effekt des Trainingsprogramms darin liegen, dass Übungen ausgewählt wurden, die ausdauerorientiert und nicht kraftorientiert sind. Die Forschung habe gezeigt, dass Ausdauer in der umliegenden Muskulatur eine wichtige Komponente der Koordinationsfähigkeit sei. Um die Auswirkungen noch klarer aufzuzeigen, müsste eine Literaturreview zu diesem Thema erarbeitet werden.

Für die Anwendung des Koordinationstrainings in der Praxis benötigt es Kenntnisse über die Pathologie der Sprunggelenksinstabilität und die Anatomie des Fusses.

2.2.6 Sprunggelenksinstabilitäten

Sprunggelenksdysfunktionen werden in verschiedenen Formen erwähnt: das akute Supinationstrauma, mechanische Sprunggelenksinstabilität, funktionelle Sprunggelenksinstabilität oder chronische Sprunggelenksinstabilität. Diese verschiedenen Pathologien werden nachfolgend beschrieben.

„Ein Supinationstrauma wird als gewaltsame Überdehnung des aussenseitigen Halteapparates bezeichnet, das heisst die Gelenkkapsel, Ligamente, Sehnen und Knochen des Sprunggelenks sind betroffen.“ Knobloch (2009) beschreibt: „85% aller Sprunggelenksverletzungen betreffen das vordere Aussenband am Aussenknöchel, das Ligamentum fibulotalare anterius, entweder in 65% isoliert oder in 20% kombiniert mit dem Ligamentum fibulocalcaneare, welches nie isoliert reisst. 5% der Rupturen betreffen das hinten gelegene Ligamentum fibulotalare posterius.“ (S.168)

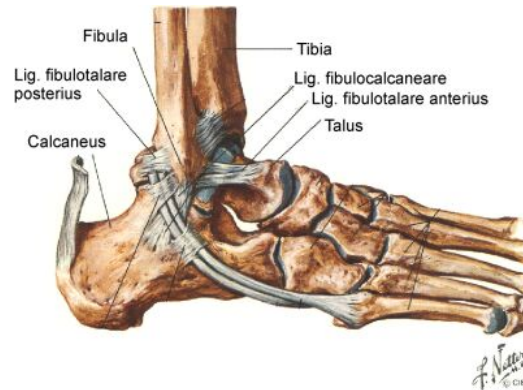


Abbildung 1: Ligamente und ossäre Strukturen des lateralen Sprunggelenks

Zur Klassifikation der Bandverletzung kann die einfache Einteilung der American Medical Association herangezogen werden (Rachun, zitiert nach Frigg et al., 2006):

„Grad I: Zerrung = belastbar, kleines Hämatom

Grad II: partielle Ruptur = eingeschränkt belastbar, kleines Hämatom

Grad III: vollständige Ruptur = sofort nicht mehr belastbar, deutliches Hämatom“

Bei einem akuten Supinationstrauma leidet man unter folgenden Symptomen: Hämatom und Druckdolenz im anatomischen Verlauf des jeweiligen Ligamentes (Frigg et al., 2006). „Die Ligamente spielen für die Biomechanik und die Wahrnehmung des Fusses eine wichtige Rolle“ (Diemer & Sutor, 2007).

Das Risiko, ein Supinationstrauma zu erleiden, hängt von intrinsischen (Rückfuss-Stellung, Laxität, Kraft, Fussgrösse, Bewegungsausmass, neuromuskuläre Reaktionszeit und Dominanz der Beine) sowie extrinsischen Faktoren (Schuhwerk, Sportart, Aufwärmen, Dauer und Intensität der Belastung) ab. Als grösster Risikofaktor, ein Supinationstrauma zu erleiden, wird ein bereits erlittenes Supinationstrauma genannt (Frigg et al., 2006). Hintermann und Valderrabano beschreiben einen dreiphasigen Heilungsverlauf (zitiert nach Frigg et al., 2006):

- „Phase I: 24-48h: Analgesie, Abschwellung mittels Entlastung, Hochlagerung, Kühlung und Kompression
- Phase II: 2.-7. Tag: Ruhigstellung, Schutz, Beginn mit Bandage, Tape oder Orthese.
- Phase III: ab 5.-7. Tag: Wiedererlangung der Stabilität und Funktion mittels Gelenkmobilisation, Kräftigungstraining und Koordinationstraining.“(S.144)

Hintermann berichtet, dass die Bänder sechs Wochen nach akuter Ruptur 60-70% ihrer Reissfestigkeit zurückerlangt haben (zitiert nach Frigg et al., 2006).

Je nach Schweregrad der Verletzung rechnet man mit einer Heilungsdauer von insgesamt acht bis zwölf Wochen (Bizzini, 2000).

Das Supinationstrauma kann zu einer mechanischen oder funktionellen Instabilität führen oder zu einer Kombination von beiden. Mechanische Instabilität bezeichnet die zu geringe Stabilität aufgrund struktureller Verletzungen, das heisst Verletzungen vom Kapsel-Band-Apparat (Diemer & Sutor, 2007). Zu den Ursachen zählen eine pathologische Bandlaxität, eingeschränkte Beweglichkeit, falsche Ausrichtung des Rückfusses und veränderte Druckverteilung sowie degenerative Veränderungen (Van Bergeyk, Younger, & Carson, Wilkerson & Nitz, zitiert nach Frigg et al., 2006).

Von einer funktionellen Instabilität spricht man bei sensomotorischen Steuerungsproblemen (Diemer & Sutor, 2007). Da die Bandstrukturen verletzt sind, hat dies Veränderungen im neuromuskulären System zur Folge, welche dem Sprunggelenk eine wichtige Unterstützung bietet. Die Rezeptoren im Gelenk sind bei der Verletzung mitbetroffen und dies resultiert in einer verminderten Propriozeption (Hertel, 2002).

Verschiedene andere Einschränkungen werden bei einer funktionellen Instabilität beschrieben: Muskelschwäche, veränderter Haltungs- und Gleichgewichtssinn des Fusses (Riemann, zitiert nach Comfort & Abrahamson, 2010), sowie eine verlängerte Muskelreaktionszeit (Hertel, zitiert nach Comfort & Abrahamson, 2010). Durch diese Einschränkungen kann das Gelenk den verschiedenen dynamischen Reaktionen schwierig standhalten und es ist prädisponiert für eine chronische Sprunggelenksinstabilität (Hertel, 2002).

Von einer chronischen Sprunggelenksinstabilität ist die Rede bei Beschwerden (Schmerzen, Unsicherheitsgefühl, Einschränkungen im Alltag, rezidivierende Supinationstraumen), die länger als drei Monate andauern. Ein grosser Teil der Bandrupturen heilt unproblematisch aus. 73% der Betroffenen erleiden jedoch eine erneute Verletzung (Arnold, zitiert nach Diemer & Sutor, 2007). In circa zehn bis dreissig Prozent der Fälle kommt es zu einer chronischen Sprunggelenksinstabilität (Diemer & Sutor, 2007). Eine chronische Sprunggelenksinstabilität ist das Resultat einer funktionellen Instabilität, einer mechanischer Instabilität oder einer Kombination von beiden (Webster & Gribble, 2010).

Folgende Richtlinien der Rehabilitation nach Supinationstraumen werden beschrieben: „Es ist ein individuell angepasstes sensomotorisches Training mit Schwerpunkt auf den reaktiven Fähigkeiten entscheidend. Die Stabilisation der Gelenke der unteren Extremität, einschliesslich der Sprunggelenke, soll in jeder Situation mittels koordinierter Muskelsynergien geschehen. Bei einer guten statodynamischen Grundlage und ohne Schmerzsymptomatik ist eine Steigerung in Form eines reaktiven Trainings möglich. Dabei werden beispielsweise die Stabilisation nach Landung, Richtungswechsel, Beschleunigen und Abbremsen je nach Beherrschung mit zunehmender Intensität geübt. Die Betonung liegt hier eindeutig auf der Reaktionsschnelligkeit“ (S.171) (Bizzini, 2000).

Als eine mögliche Langzeitfolge einer chronischen Sprunggelenksinstabilität wird die Sprunggelenksarthrose erwähnt. Diese Vermutung ist jedoch noch unbestritten und es bestehen noch zu wenige Forschungsergebnisse hierzu (Valderrabano, Wiewiorski, Frigg, Hintermann & Leumann (2007). Zum ersten Mal wurde der Zusammenhang zwischen einer chronischen Instabilität und einer Arthrose 1979 von Harrington et al. (zitiert nach Valderrabano et al., 2007) beschrieben. In einer anderen Studie von Valderrabano „Medial ankle instability: an exploratory, prospective study of fifty-two cases“ (zitiert nach Valderrabano et al., 2007) resultierte, dass bei 13% aller posttraumatischen Sprunggelenksarthrosen die Ursache bei der ligamentären Verletzung liegt.

2.2.7 Posturale Kontrolle

Unter posturaler Kontrolle des Körpers versteht man die Kontrolle der Körperhaltung im Raum, damit die Stabilität und Orientierung des Körpers gesichert ist. Der Begriff meint auch, die Kontrolle des Schwerpunktes des Körpers innerhalb der Unterstützungsfläche oder einfacher erklärt, die Gleichgewichtsfähigkeit innerhalb der Unterstützungsfläche zu bewahren. Die posturale Orientierung ist ein Teil der posturalen Kontrolle und meint, die Körperabschnitte Kopf, Brustkorb, Becken, Beine optimal aufeinander abzustimmen und gegen die Schwerkraft zu wirken, um einen Referenzrahmen für die Wahrnehmung des Körpers und für die Handlung zu schaffen („wo bin ich im Raum“) (Horak & Macpherson, zitiert nach Züger, 2011).

Im Einbeinstand findet man bei Personen mit Sprunggelenksinstabilität eine verminderte posturale Kontrolle (Tropp et al., zitiert nach Hertel, 2002). Defizite der posturalen Kontrolle treten häufig mit einer verminderten Propriozeption und neuromuskulärer Kontrolle auf. Der Fuss versucht im Einbeinstand mit der Pronation und Supination den Körperschwerpunkt über der Unterstützungsfläche zu halten. Diese Strategie, welche ein Umfallen der Person so zu verhindern versucht, nennt sich „ankle strategy“ (Sprunggelenksstrategie, ein Umfallen wird mit der Bewegung des Sprunggelenks verhindert). Personen mit Sprunggelenksinstabilitäten nützen jedoch mehr die „hip strategy“ (Hüftstrategie, ein Umfallen wird mit der Bewegung des Hüftgelenks verhindert). Diese ist einfacher, aber weniger effizient. Diese veränderte Nutzung dieser Bewegungsstrategien ist ein Defizit der zentralen neuralen Kontrolle, die bei Verletzungen auftritt (Hertel, 2002).

Diese Arbeit legt den Fokus auf die Untersuchung eines Koordinationstrainings bei Sprunggelenksinstabilitäten, weshalb auch auf die wichtige posturale Kontrolle des Fusses eingegangen wird.

“Der Fuss besitzt drei Hauptfunktionen, die konträrer kaum sein könnten:

- Flexibilität, um Belastung zu absorbieren und sich dem Untergrund anzupassen
- Stabilität, um als Hebel für die Fortbewegung zu fungieren
- Reizaufnahme der Kontaktfläche, vor allem über die Fusssohle, aber auch über die Ligamente der beteiligten Gelenke (Oberflächen- und Tiefensensibilität)” (Sarrafian, zitiert nach Diemer & Sutor, 2007).

Die optimale Stellung des Fusses wird wie folgt aufgezeigt: Die Tibia steht senkrecht zum Boden, wobei der Calcaneus, die Enden von sämtlichen Fussknochen sowie der Zehen den Boden berühren. Somit sind auch die Fussgewölbe in der richtigen Stellung. Ahonen et. al. (2003) beschreiben: „Die Knochen bilden Gewölbe, deren Elastizität und Stabilität von der Elastizität und Stärke der Ligamente, Gelenkkapseln, Muskeln und langen Sehnen bestimmt werden“. In Abbildung 2 sind die Gewölbe ersichtlich.

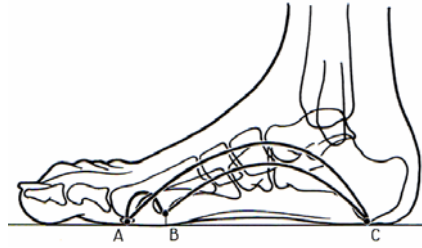


Abbildung 2: Fussgewölbe mit den drei Belastungspunkten des Fusses

Diese Gewölbe verhindern eine Abflachung des Fusses und sind für den ganzen Körper wichtig, da sie die Drehung der Achillessehne und des Unterschenkels beeinflussen. Die Kniehaltung, Hüftgelenksdrehung und der Unterschied der Beine sind ebenfalls von der Gewölbestructur abhängig (Ahonen et al., 2003).

Wie in Abbildung 3 gezeigt wird, verteilt sich die Belastung des Fusses auf drei Punkte. Die Fussmuskulatur muss gleichmässig ausgebildet und die Gelenksstrukturen normal ausgebaut sein. 50% der Belastung wird auf das Fersenbein übertragen, 25% auf den äusseren Vorfussballen und 25% auf den inneren Vorfussballen (Ahonen et al, 2003). Das Körpergewicht hat die Tendenz, die Auflageflächen der Fusswölbung auseinander zu drücken (Bürgi, 2008). Diese Aussage wird von Abbildung 4 unterstützt.

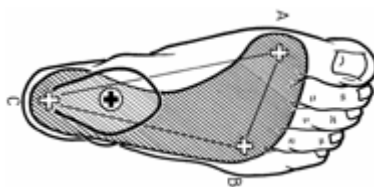


Abbildung 3: Belastung des Fusses

Die Füße haben eine wichtige Wirkung im Zusammenhang mit der posturalen Kontrolle des Körpers. Über die Stimulation der Fusssohlen werden sowohl die Fussmuskulatur, sowie die Oberschenkelmuskulatur gleichzeitig aktiviert. Sie wirkt im Zusammenhang mit der Stabilität und des Gleichgewichts des ganzen Körpers (Züger, 2011).

Bei Personen mit chronischer Sprunggelenksinstabilität verändert sich die Kontrolle der absteigenden motorischen Bahnen vom Gehirn (Hertel, McKeon, zitiert nach Hass et al., 2010). Dies ist am Gangbild des Betroffenen ersichtlich. Die Standbeinphase im Gang ist reduziert, wenn vom Zwei- zum Einbeinstand gewechselt wird.

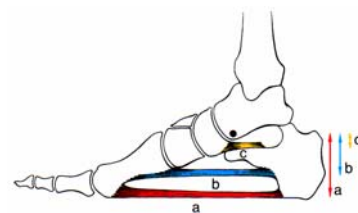


Abbildung 4: Fusswölbung

Dies geschieht, um die Haltungsforderung des Körpers zu minimieren. Zudem wird bei Personen mit chronischer Sprunggelenksinstabilität eine posturale Instabilität im ruhigen Stand beobachtet, wenn eine äussere und innere Störung auftritt (Pintsaar et al., Wikstrom, zitiert von Hass et al., 2010). Diese veränderten Kontrollmechanismen der absteigenden motorischen Bahnen reduzieren die antizipatorische Haltungsarbeit und die Haltungsanforderungen der betroffenen Extremität. Die Aktivitätsmuster der Muskulatur während dem Gehen sind bei Personen mit CAI verändert im Vergleich zu Personen ohne Instabilität (Delahunt, Santilli, zitiert nach Hass et al., 2010).

3. Resultate

Folgende Tabelle zeigt die verwendeten Studien auf. Im darauffolgenden Teil werden die Studien übersichtlich zusammengefasst und deren Interventionen beschrieben.

3.1 Verwendete Studien

Autor	Jahr	Titel	Studien- design	Samp le	Keywords
Kidgell, Horvath, Jackson, & Seymour	2007	Effect of six weeks of dura disc and mini-trampoline balance training on postural sway in athletes with functional ankle instability	RCT	n=20	- Balance - Training - Ankle In- stability - Effect
Kyungmo, Ricard, & Fellingham	2009	Effect of a 4-week exercise program on balance using elastic tubing as a perturbation force for individuals with a history of ankle sprains	RCT	n=40	- Balance - Training - Ankle In- stability - Effect
Lee & Lin	2008	Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and	Vorher- Nachher- Design	n=12	- Balance - Training - Ankle In- stability

		ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability			
McKeon, Ingersoll, Kerringan, Saliba, Bennett & Hertel	2008	Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability	RCT	n=31	- Balance - Training - Ankle Instability - Effect
Sefton, Yarar, Hicks-Little, Berry & Cordova	2010	Six weeks of balance training improves sensorimotor function in individuals with chronic ankle instability	Prospective Kohortenstudie	n=21	- Balance training - Instability - Effect

3.2 Zusammenfassung der Resultate

3.2.1 *Kidgell et al., 2007* → **Effect of six weeks of dura disc and mini-trampoline balance training on postural sway in athletes with functional ankle instability**

Sample	An dieser Studie nahmen 20 Personen, die während der letzten zwei Jahre ein Supinationstrauma erlitten haben, teil. Die Einteilung erfolgte in drei Gruppen: Kontrollgruppe (n=7), Minitrampolin-Gruppe (n=6), Dura Disc-Gruppe (n=7). Die Studienteilnehmer waren zwischen 18 und 35 Jahre alt.
Trainingsprogramm	18 Trainingseinheiten innerhalb von sechs Wochen wurden durchgeführt. Das Trainingsprogramm beinhaltete die Dura Disc und das Minitrampolin.
Kontrollgruppe	Die Kontrollgruppe erhielt kein Trainingsprogramm. Sie durften die Alltagsaktivitäten wie bis anhin weiterführen.

Messung	Die posturale Stabilität wurde mittels einer Kraftmessplatte (siehe Kapitel 3.3.2) gemessen. Diese misst die Verschiebung des COP im Einbeinstand auf dem betroffenen Bein während 25 Sekunden. Die Messungen wurden vor und nach dem Training durchgeführt.
Analyse	Die Trainingsgruppen wurden mit der Kontrollgruppe verglichen. Es wurde auch die Trainingsgruppe Dura Disc im Vergleich zur Trainingsgruppe Minitrampolin analysiert. Die Varianzanalyse ANOVA diente zur Analyse der Ergebnisse und das Signifikanzlevel wurde bei $p < 0.05$ angesetzt.
Ergebnis	Das Dura Disc und das Minitrampolin Training sind gleich effizient zur Verbesserung der posturalen Stabilität bei Personen mit Sprunggelenksinstabilität. Es besteht allerdings ein signifikanter Unterschied zwischen den Trainingsgruppen und der Kontrollgruppe in der medio-lateralen (seitwärts) Stabilität. Die Trainingsgruppen haben bessere Ergebnisse in der Stabilität gezeigt.

Intervention



Abbildung 5: Dura Disc

Das Trainingsprogramm von Kidgell et al. (2007) beinhaltete Übungen in Plantar- und Dorsalflexion und Übungen in Inversion und Eversion. Die Dura Disc- sowie die Minitrampolin-Gruppen trainierten mit folgenden drei Übungen im Einbeinstand: statisches Stehen, anterior-posterior Kippung (vor- und rückwärts), medio-lateral Kippung (seitwärts). Die Übungsdauer und Repetitionsanzahl wurden in dieser Studie progressiv gesteigert. In der ersten und zweiten Woche wurde der statische Einbeinstand während 30 Sekunden gehalten. In der anterior- posterior Kippung und in der medio-lateral Kippung werden je sechs Repetitionen durchgeführt. In der dritten und vierten Woche wurde der statische Einbeinstand während 60 Sekunden gehalten.

Die anderen zwei Übungen wurden mit zehn Repetitionen durchgeführt. In der fünften und sechsten Woche wurde der statische Einbeinstand während 30 Sekunden mit geschlossenen Augen gehalten und in der anterior- posterior Kippung und in der medio-lateral Kippung wurden sechs Repetitionen mit geschlossenen Augen durchgeführt. Das Training fand dreimal wöchentlich statt.

3.2.2 Kyungmo et al., 2009 → Effects of a 4-week exercise program on balance using elastic tubing as a perturbation force for individuals with a history of ankle sprains

Sample	40 Personen nahmen an der Studie teil. Die Einteilung wurde wie folgt vorgenommen: Trainingsgruppe (n=10, Personen mit vorangegangenem Supinationstrauma), Trainingsgruppe (n=10, Personen ohne Supinationstrauma) und Kontrollgruppe (n=10, Personen mit vorangegangenem Supinationstrauma), Kontrollgruppe (n=10, Personen ohne Supinationstrauma). Das Durchschnittsalter betrug 21 Jahre.
Trainingsprogramm	Die Studienteilnehmer absolvierten zwölf Trainingseinheiten innerhalb von vier Wochen.
Kontrollgruppe	Die Massnahme, welche die Kontrollgruppe durchführen musste, wurde nicht angegeben.
Messung	Die posturale Stabilität wurde auf der Kraftmessplatte (AMTI force plate) gemessen. Hierbei wurden der COP und TTD als Messwert untersucht. Die Messungen fanden vor und nach dem Training statt.
Analyse	Die Trainingsgruppe wurde mit der Kontrollgruppe verglichen. Personen mit chronischer Fussgelenksinstabilität wurden im Vergleich zu gesunden Probanden gemessen. Frauen wurden mit Männern verglichen. Das Signifikanzlevel wurde bei $p < 0.01$ angesetzt. Die Forscher verwendeten ein linear gemischtes Analysemodell („Linear mixed model“).

Ergebnis	<p>Im Vergleich zur Kontrollgruppe verbesserte sich die posturale Stabilität der Trainingsgruppe. Teilnehmer der Trainingsgruppe erreichten eine Verbesserung im Vergleich zum Zustand vor dem Training. Frauen hatten eine signifikant bessere Balance als Männer.</p>
----------	--

Intervention

Kyungmo et al. (2009) verwendete ein Trainingsprogramm das im Einbeinstand mit einem elastischen Band aus einem Zugapparat ausgeführt wurde. Das Trainingsprogramm bestand aus vier verschiedenen Übungen. Jede Übung beinhaltete 15 Repetitionen und drei Serien. Der chronisch instabile Fuss oder der zufällig ausgewählte Fuss (bei den Gesunden) galt als Standbein. Das elastische Band wurde am gesunden Fuss befestigt. Zwischen jeder Serie gab es eine Pause von zwei Minuten und zwischen jeder Übung eine Pause von 30 Sekunden. Die Spannung des Bands wurde prozentual zum Körpermass des Teilnehmers eingestellt. Die Teilnehmer mussten mit dem Standbein an einer markierten Stelle stehen bleiben, damit der Zug immer gleich stark war.

Folgende vier Übungen wurden mit dem gesunden Bein durchgeführt: Zug nach vorne, Zug nach hinten, Überkreuzung vor dem Körper und Überkreuzung hinter dem Körper. Das Standbein musste hierbei ständig kontrolliert werden. Das Training fand dreimal wöchentlich statt.

3.2.3 Lee & Lin, 2008 → Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability

Sample	<p>Zwölf Personen haben an der Studie teilgenommen. Die Teilnehmer waren Universitätsstudenten mit einer Sprunggelenksinstabilität.</p> <p>Es gab nur eine Trainingsgruppe und keine Kontrollgruppe. Eine Altersangabe der Teilnehmer ist nicht vorhanden.</p>
Trainingsprogramm	<p>Das Trainingsprogramm bestand aus 36 Trainingseinheit innerhalb von zwölf Wochen.</p>

Die Trainingsdauer betrug jeweils 20 Minuten. Es wurde mittels eines BAPS Trainingsprogramms trainiert.

Kontrollgruppe

In dieser Studie gab es keine Kontrollgruppe.

Messung

Die **posturale Stabilität** wurde im Einbeinstand auf der Kraftmessplatte (AMTI force platform), welche die Verschiebungen des COP (siehe Kapitel 3.3.2) misst, gemessen.

Die **Propriozeption** wurde mit dem Biodex 3 isokinetic dynamometer (siehe Kapitel 3.3.3) gemessen. Dieser misst die aktive und passive Wiederherstellung der Gelenkposition. Die Messungen wurden vor und nach dem Training durchgeführt.

Analyse

Der Stabilitätszustand vor dem Training wurde im Vergleich zum Zustand nach dem Training gemessen. Das Signifikanzlevel war bei $p < 0.05$ angesetzt. Die Varianzanalyse ANOVA wurde angewendet.

Ergebnis

Die Resultate haben einen positiven Trainingseffekt auf die posturale Stabilität gezeigt. Ausserdem wurde auch ersichtlich, dass bei Personen mit einer funktionellen Fussgelenksinstabilität durch das BAPS-Training **der Repositionssinn verbessert wurde.** Der COP Hauptradius während den Übungen mit offenen und geschlossenen Augen wurde vom Zustand vor dem Training im Vergleich zu nach dem Training gesteigert. Die Gefahr, in einen gefährdeten, traumatisierenden Gelenkwinkel zu kommen, war bei der Messung nach dem Training kleiner ($p < 0.05$).

Intervention

Lee & Lin (2008) beschrieben ein Trainingsprogramm mit fünf Aufgaben auf dem BAPS (siehe Abbildung 2). Der BAPS ist ein Kreiseltrainingsgerät und besteht aus einer reversiblen Plattform, fünf halbkugelförmigen Anbauteilen und



Abbildung 6: BAPS

einer kurzen Stange, wo zusätzliche Gewichte angelegt werden können. Die fünf halbkugelförmigen Anbauteile können manuell an der Unterfläche befestigt und als verschiedene Schwierigkeitsstufen benutzt werden. Der Teilnehmer wurde aufgefordert, mit dem funktionell instabilen Bein auf dem Kreisel zu stehen und das Gleichgewicht zu halten. Vor der ersten Trainingseinheit wurde jedem Teilnehmer fünf verschiedene Übungen auf dem Kreisel demonstriert: anterior-posterior Kippung (vor- und rückwärts), medio-lateral Kippung (seitwärts), Drehung im Uhrzeigersinn, Drehung im Gegenuhrzeigersinn und statischer Einbeinstand. Die Dosierung bestand aus zehn Repetitionen pro Bewegungsrichtung und drei Serien. Der Einbeinstand musste dreimal während zehn Sekunden gehalten werden. Dazwischen gab es je eine Pause von 30 Sekunden. Während den Übungen mussten die Teilnehmer die Hände am Beckenkamm einstützen. Ein minimaler Einsatz des Oberkörpers zur Stabilisation wurde toleriert.

3.2.4 McKeon et al., 2008 → Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability

Sample	31 körperlich aktive Personen mit einer chronischen Sprunggelenksinstabilität nahmen teil. Die Voraussetzung für die Studienteilnahme war, dass die Teilnehmer unter einer Sprunggelenksinstabilität leiden. Die Sprunggelenksinstabilität wurde so definiert, dass Personen bereits mehr als ein Supinationstrauma erlitten haben. Die Einteilung der Studienteilnehmer erfolgte in zwei Gruppen. In der Koordinationstrainingsgruppe waren 16 und in der Kontrollgruppe 15 Personen eingeteilt. Das Durchschnittsalter betrug 22 Jahre.
Trainingsprogramm	Zwölf begleitete Trainingseinheiten innerhalb vier Wochen wurden absolviert. Die Trainingsdauer betrug ca. 20 Minuten. Es wurde ein progressives Koordinations-training mit Sprüngen auf dem Boden durchgeführt.
Kontrollgruppe	Die Kontrollgruppe absolvierte kein Trainingsprogramm. Sie durfte die Alltagsaktivitäten wie bis anhin weiterführen.

Messung	<p>Zwei Aspekte der posturalen Stabilität wurden kontrolliert. Die statische posturale Kontrolle wurde im Einbeinstand während 10 Sekunden mit offenen und geschlossenen Augen auf der Kraftmessplatte (AMTI force plate) mittels Messwert COP gemessen.</p> <p>Die dynamische posturale Kontrolle wurde im Einbeinstand während einer Bewegung anhand des SEBT (Star Excursion Balance Test) gemessen. Hierbei galt der TTB (siehe Kapitel 3.3.2) als Messwert.</p> <p>Die subjektive Gelenksstabilitätsfunktion („self-reported function“) wurde mit dem FADI (Foot and ankle disability index) gemessen. Die Messungen fanden vor und nach dem Training statt.</p>
Analyse	<p>Beim Koordinationstraining wurden die Werte vor dem Training mit den Werten nach dem Training verglichen. Die posturale Kontrolle (TTB und COP) wurde separat gemessen. Das Signifikanzlevel wurde bei $p < 0.05$ angesetzt und die Varianzanalyse ANOVA wurde angewendet.</p>
Ergebnis	<p>Es wurden zwei verschiedene Aspekte der Stabilität gemessen. Die statische posturale Kontrolle wurde mit offenen Augen gemessen und hierbei gab es keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Mit geschlossenen Augen wurde die TTB-Messung der Trainingsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe verbessert.</p> <p>Bei der dynamischen posturale Kontrolle konnte eine Verbesserung im Einbeinstand beobachtet werden.</p> <p>Die Teilnehmer der Trainingsgruppe zeigten im FADI und im FADI Sport Test nach dem Training ein besseres Ergebnis, das heisst die subjektive Gelenksstabilitätsfunktion wurde gesteigert.</p>

Intervention

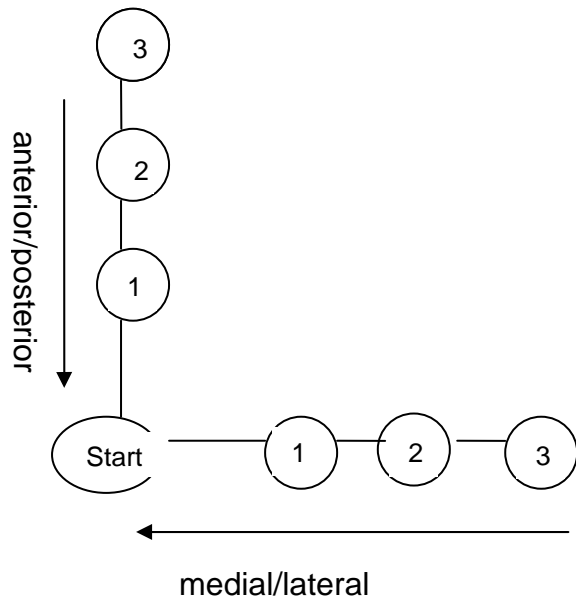


Abbildung 7: Richtung und Entfernung für Sprung- und Stabilisationsaktivitäten

Das progressive Trainingsprogramm bestand aus fünf verschiedenen dynamischen Übungen. Jede Übung hatte sieben verschiedene Schwierigkeitsstufen. Sobald ein Teilnehmer die Übung beherrschte, wurde die Aufgabe erschwert.

Diese Übungen beabsichtigten die Wiederherstellung der schnellen Anpassung des sensomotorischen Systems. Folgende Übungen mussten absolviert werden: 1) Sprung und Stabilisierung im Einbeinstand, 2) Sprung und Stabilisierung im Einbeinstand, danach mit dem anderen Bein zurück tippen, zum Ausgangspunkt zurück springen und dann mit dem anderen Bein vorwärts tippen, 3) Sprung und Stabilisierung zu neun markierten Feldern, 4) progressiver Einbeinstand Aktivitäten mit offenen Augen, 5) progressive Aktivität im Einbeinstand mit geschlossenen Augen.

Das Training fand dreimal wöchentlich statt. Bei der ersten Übung „Sprung und Stabilisation“ mussten die Teilnehmer die unterschiedlich weit entfernten liegenden Punkte erreichen.

Die verschiedenen Schwierigkeitsstufen wurden folgendermassen angewendet:

Sprung zu Punkt 1. Armeinsatz zur Stabilisation nach dem Landen erlaubt.

Sprung zu Punkt 1. Hände an Hüfte nach dem Landen.

Sprung zu Punkt 2. Armeinsatz zur Stabilisation nach dem Landen erlaubt.

Sprung zu Punkt 2. Hände an Hüfte nach dem Landen.

Sprung zu Punkt 3. Armeinsatz zur Stabilisation nach dem Landen erlaubt.

Sprung zu Punkt 3. Hände an Hüfte nach dem Landen.

Sprung zu Punkt 4. Sprung von einer erhöhten Plattform.

3.2.5 *Sefton et al., 2010* → *Six weeks of Balance Training Improves Sensorimotor Function in Individuals With Chronic Ankle Instability*

Sample	21 Personen nahmen an der Studie teil. Es erfolgte eine Einteilung in die Koordinationstrainingsgruppe (n=12, Personen mit Supinationstrauma) und in die Kontrollgruppe (n=9, Personen ohne Supinationstrauma). Das Durchschnittsalter der Teilnehmer betrug 21 Jahre.
Trainingsprogramm	18 Trainingseinheiten innerhalb sechs Wochen wurden absolviert. Das Training dauerte circa 16 Minuten. Das Koordinationstraining wurde auf einem Balancebrett mit einem Murrellabyrinth durchgeführt.
Kontrollgruppe	Die Kontrollgruppe erhielt kein Trainingsprogramm. Die Teilnehmer in dieser Gruppe durften ihre Alltagsaktivitäten wie bis anhin weiterführen.
Messung	<p>Es wurde die dynamische und statische posturale Stabilität, die Muskelreaktionszeit und die Propriozeption gemessen. Die dynamische posturale Kontrolle im Einbeinstand wurde mit dem SEBT (Star Excursion Balance Test) analysiert. Die statische posturale Kontrolle im Einbeinstand wurde fünfmal während 20 Sekunden mit offenen Augen auf der Kraftmessplatte (force plate, COP-Verschiebung) evaluiert.</p> <p>Zur Ermittlung der Muskelreaktionszeit gab es eine Soleus-Hoffmann-Reflex-Messung. Zudem wurde die Motoneuronreizbarkeit im Ein- und Zweibeinstand durchgeführt (siehe Kapitel 3.3.4). Dies geschah durch 200 Volt Stimulation über zwei Elektroden auf dem Musculus soleus.</p> <p>Die Propriozeption wurde durch die aktive Reposition einer Gelenksstellung des Fusses gemessen. Alle Messungen fanden vor und nach dem Training statt.</p>

Analyse

Die Trainings- und die Kontrollgruppe wurden miteinander verglichen. Aufgrund der kleinen Stichprobe wurde das Signifikanzlevel auf $p < 0.01$ gesetzt. Die Analyse-methode war ANCOVA.

Ergebnis

Es gab eine Verbesserung der dynamischen Stabilität im SEBT der Trainingsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die Trainingsgruppe erreichte bessere Resultate beim SEBT. **Keine Effekte konnten bei der statischen posturalen Kontrolle** (COP-Verschiebung) evaluiert werden.

Es wurde eine **schnellere Motoneuronreizbarkeit** und Bildung von motorischen Einheiten bei der Trainingsgruppe ermittelt.

Die Propriozeption bei der Trainingsgruppe wurde im Vergleich zur Kontrollgruppe verbessert.

Intervention

Sefton et al. (2010) verwendeten ein Trainingsprogramm auf dem Balancebrett mit einem Murmellabyrinth. Auf diesem Trainingsgerät gibt es vier verschiedene Schwierigkeitsstufen. Die Übung wurde durch die Veränderung der Unterstützungsfläche („center of height“) gesteigert. Sefton erwähnt, dass Übungsprogramme meistens im Zweibeinstand beginnen und bei einer Verbesserung der Fähigkeiten zum Einbeinstand gehen würden. Das Training wurde in dreiminütigen Einheiten durchgeführt. Dazwischen gab es eine Minute Pause. Die Übung wurde erschwert, indem die Unterstützungsfläche verändert wurde.

Dies war der Fall, wenn der Teilnehmer die Murmel achtmal in drei Minuten während zwei aufeinander folgenden Trainingsblocks ins Zentrum des Labyrinths führen konnte. Wenn der Teilnehmer die Murmel ins Zentrum und wieder zurückbringen konnte, war die Aufgabe komplett erfüllt.

Das Training fand dreimal wöchentlich statt.

3.3 Verwendete Messinstrumente

Nachfolgend wird auf die in den Studien verwendeten Messinstrumente und Messwerte genauer eingegangen.

3.3.1 *SEBT (Star Excursion Balance Test)*

In den Studien von McKeon (2008) und Sefton (2010) wurde der Star Excursion Balance Test verwendet. Dieser funktionelle Test ist hilfreich um die dynamische posturale Kontrolle zu evaluieren. Bei diesem Test wird mittels Klebeband ein Stern, bestehend aus acht Linien, im 45 Grad Winkel auf den Boden angebracht und der Proband steht im Einbeinstand im Zentrum des Sterns. Die Linien sind nach der Abweichungsrichtung vom stehenden Bein aus benannt:

anterior (A)	posterior (P)
anterolateral (AL)	posterolateral (PL)
anteromedial (AM)	posteromedial (PM)
medial (M)	lateral (L)

Der Teilnehmer wird aufgefordert, im Einbeinstand zu stehen und mit dem anderen Bein (Spielbein) soweit wie möglich entlang des genannten Vektors zu tippen und gleichzeitig die Stabilität im Standbein beizubehalten. Danach wird er aufgefordert, das Spielbein wieder zurück in den Stand zu führen. Der Prüfer misst die Distanz vom Zentrum zum Berührungspunkt mit einem Messband (Olmsted, Carcia, Hertel & Shultz, 2002). In jede Richtung kann der Proband drei Versuche tätigen und diese werden dann zu einem Mittelwert zusammengerechnet (Diemer & Sutor, 2007).

Kinzey & Armstrong (1998) stellen die Reliabilität des Star Excursion Balance Test in Frage. Sie erwähnen, dass der Nutzen zur Diagnostik bei diesem Test abhängig von der Durchführung ist. Um den Test reliabel durchzuführen, braucht es ausreichend praktische Übung des Testers und diese ist in der Praxis aufgrund des Zeitaspektes häufig nicht vorhanden.

Dieser Test ist möglicherweise nicht die richtige Art um die dynamische Stabilität zu messen. Der Test müsste Aufgaben enthalten, die von funktioneller Natur sind (Kinzey & Armstrong, 1998).

Eine andere Meinung vertreten Olmsted, Carcia, Hertel & Shultz (2002). Gemäss ihnen ist der Star Excursion Balance Test eine effektive Messung, um die fehlende dynamische Stabilität bei Personen mit einer einseitigen Sprunggelenksinstabilität festzustellen.

3.3.2 **Kraftmessplatte**

In den oben erwähnten Studien wurde die statische posturale Kontrolle mittels einer Kraftmessplatte gemessen. Meist wurde die „AMTI force plate“ verwendet. Dies ist eine im Boden eingelassene Kraftmessplatte, welche die Bodenreaktionskraft misst. Die vertikale, die medio-laterale und die anterior-posteriore Kraft werden gemessen. Die einwirkenden Kräfte werden in elektrische Spannungen umgewandelt und durch Sensoren innerhalb der Platte gemessen. Die gemessenen analogen Signale werden in digitale umgewandelt und über die Messwertkarte dem Computer übermittelt. Dort werden die digitalen Signale durch eine Software in Kraftwerte umgewandelt (Höglinger, 2007).

Die Reliabilität und Validität der Kraftmessplatte wurden in zahlreichen Studien untersucht. Goldie et al. ermittelten in ihrer Studie eine niedrige Reliabilität der Kraftmessplatte in Bezug auf die Messung der posturalen Kontrolle. Andere Studien konnten jedoch eine genügende Reliabilität der Kraftmessplatte aufzeigen (Levine et al., Ishizaki et al., Taguchi et al., zitiert nach Kejonen & Kauranen, 2002). Zur Beurteilung der Validität und Reliabilität der Kraftmessplatte wären aktuelle Studien notwendig.

Folgende Messwerte können mit der Kraftmessplatte ermittelt werden:

COP (Center of pressure)

Kidgell et al. (2007) beschreiben das COP als das Zentrum der Totalkraftverteilung über der Unterstützungsfläche. Auf Deutsch wird es mit dem Druckschwerpunkt übersetzt. Je grösser die Abweichung vom Druckschwerpunkt (COP) ist, desto grösser ist das Ungleichgewicht des Körpers (Hasan, Robin, Szurkus, Ashmed, Peterson & Shiavi, 1999).

TTB (Time to boundary)

Diese Messung schätzt die benötigte Zeit bis der Druckschwerpunkt kurz vor der Gleichgewichtsgrenze die Unterstützungsfläche berührt (Hertel, Olmsted-Kramer, Challis, 2007).

TTD (Total travel distance)

Messwert um die stehende Balancefähigkeit zu messen bei der Weglänge des COP (Kyungmo, 2009).

3.3.3 **Biodex 3 isokinetic dynamometer**

Dies ist ein isokinetisches Diagnose- und Trainingsgerät der Firma Biodex.

Der Fuss wird in Neutralstellung im Dynamometer platziert und passiv in einen bestimmten Winkel gebracht (zum Beispiel bei Sefton 30 Grad Plantarflexion). Diese Position wird für zehn Sekunden gehalten und daraufhin wird der Fuss passiv durch das ganze Bewegungsausmass bewegt. Nun wird der Teilnehmer aufgefordert, die vorher eingestellte Fussposition aktiv wieder einzunehmen. Derselbe Vorgang wird in 15 Grad Inversion durchgeführt (Sefton et. al, 2011). Bei Sefton et al. (2011) und auch bei Lee & Lin (2008) wurden den Teilnehmern die Augen verbunden, um die visuelle Kontrolle auszuschalten. Bei Lee & Lin (2008) wurde die Testung auf eine andere Weise durchgeführt. Der Teilnehmer platzierte den Fuss barfuss in den Biodex Inversion/Eversion Apparat mit einem 25 Grad Plantarflexionswinkel im Sprunggelenk. Nach der Fussplatzierung wurde am proximalen Tibiofibulargelenk und um den Vorfuss ein kleines Band angebracht, um die Position zu stabilisieren und den Reiz über die Hautrezeptoren zu vermindern. In dieser Studie wurden drei verschiedene Positionen getestet: 15 Grad Inversion, Neutralposition und 10 Grad Eversion aus der maximalen Inversion.

Durch die aktive Wiederherstellung der Gelenkposition wird die Propriozeption getestet.



Abbildung 8: Biodex isokinetic dynamometer System 4

Drouin, Valovich-McLeod, Shultz, Gansneder & Perrin (2004) haben eine Studie zur Evaluation der Reliabilität und Validität des Biodex Dynamometer System 3 gemacht. Sie untersuchten das Gerät auf die Geschwindigkeit, Torsionskraft und die Positionsmessung. Die Forscher ermittelten eine gute Reliabilität und Validität in Bezug auf alle gemessenen Werte.

3.3.4 **Messung der Reizbarkeit des Motoneurons**

Beim H-Reflex (nach Hoffmann, 1922) werden Muskelspindeln im Muskel durch zwei Elektroden auf dem Muskel aktiviert. Dadurch wird ein Reflex im Muskel ausgelöst. Meist wird der H-Reflex im Musculus triceps surae ausgeführt. Gemessen wird die elektrische Leitfähigkeit im Muskel (Wehrli, 2003).

3.3.5 **FADI (Foot and ankle disability index)**

Mit diesem Test kann der Therapieverlauf eines Patienten mit chronischer Sprunggelenksinstabilität beurteilt werden. Er enthält 26 Kriterien bezüglich Aktivitäten des täglichen Lebens. Die Patienten müssen anhand einer Skala angeben, wie stark die Beschwerden oder Schmerzen bei gewissen Aktivitäten sind (Diemer & Sutor, 2011).

FADI-Elemente:

- | | |
|--|--|
| - „Stehen | - 5 Minuten und weniger gehen |
| - Gehen auf ebenem Untergrund | - Annähernd 10 Minuten gehen |
| - Gehen auf ebenem Untergrund ohne Schuhe | - 15 Minuten und mehr gehen |
| - Bergauf gehen | - Hausarbeiten |
| - Bergab gehen | - Aktivitäten des täglichen Lebens |
| - Treppe aufwärts gehen | - Körperpflege |
| - Treppe abwärts gehen | - Leichte bis mässige Arbeit (stehende, gehende Tätigkeit) |
| - Gehen auf unebenem Untergrund | - Anstrengende Arbeit (Ziehen / drücken, tragen, steigen) |
| - Kurven hoch und runter steigen („Stepping up and down curves“) | - Freizeitaktivitäten |
| - Kniebeugen | - Allgemeines Schmerzniveau |
| - Schlafen | - Ruheschmerzen |
| - An die Zehen fassen | - Schmerz bei normaler Aktivität |
| - Direkt losgehen | - Schmerz am Morgen“ |
- (S. 387) (Martin, zitiert nach Diemer & Sutor, 2011)

Der FADI-Sport besteht aus acht Kriterien, die Einschränkungen bei Sprunggelenksverletzungen in Bezug auf physische Aktivitäten oder bei Sport evaluieren (McKeon, 2008). Der Patient muss bei den beschriebenen Aktivitäten eine Aussage über die Beschwerden machen. Die Intensität der Beschwerden bestimmt die Punkteanzahl.

„FADI-Sport Elemente:

- Rennen
- Springen
- Landen
- Schnelles Kniebeugen
- Grätschen, seitliche Bewegungen
- Aktivitäten mit geringer Belastung
- Fähigkeit, seine Aktivitäten mit einer normalen Technik durchzuführen
- Fähigkeit, seinen Sport so lange wie gewünscht durchzuführen“

(S. 388) (Martin, zitiert nach Diemer & Sutor, 2011)

4. Diskussionen

In diesem Teil werden die fünf Studien kritisch verglichen und die positiven sowie die negativen Aspekte der Untersuchungen diskutiert.

Das Ziel dieser Arbeit war es, den Effekt des Koordinationstrainings auf physiologischer, biomechanischer und neuromuskulärer Ebene zu erklären. Keine der fünf beurteilten Studie konnte jedoch diese Wirksamkeit aufzeigen. Aus diesem Grund wurde die Wirksamkeit des Koordinationstrainings in der Theorie (siehe Kapitel 2.2.5) erklärt. Alle fünf Studien haben einen positiven Effekt des Koordinationstrainings auf die posturale Kontrolle bei Sprunggelenksinstabilitäten aufgezeigt. Dies steht im Gegensatz zu McKeon (2008), der in seiner Review beschreibt, dass kein Beweis besteht, dass Koordinationstraining die posturale Kontrolle bei chronischer Sprunggelenksinstabilität verbessert.

4.1 Posturale Kontrolle und Stabilität

Bei der Literaturrecherche hat sich gezeigt, dass die Begriffe „Posturale Kontrolle“ und „Stabilität“ nicht einheitlich verwendet werden. Diemer & Sutor (2007) stellen die posturale Kontrolle mit der Gleichgewichtsfähigkeit gleich. Das würde jedoch heissen, dass die posturale Kontrolle nur eine Komponente der Koordinationsfähigkeit darstellt.

Durch Koordinationstraining würde somit nur ein Teil der Koordinationsfähigkeit verbessert werden und eine Aussage über die Verbesserung der Koordination als Ganzes wäre somit nicht möglich.

Im Neuromotorik und Sensorik Unterricht an der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) wurde die posturale Kontrolle als Oberbegriff verwendet.

Laut Horak & Macpherson beinhaltet die posturale Kontrolle zwei Komponenten: die posturale Orientierung und die posturale Stabilität (zitiert nach Züger, 2011).

Bei den Studien wurde zum Teil der Begriff posturale Kontrolle verwendet, aber nicht definiert, ob die posturale Kontrolle des ganzen Körpers oder nur des Fusses verbessert wurde. In den Resultaten wurde auch eine Verbesserung der dynamischen und statischen Stabilität erwähnt. Eine Verbesserung der Stabilität muss aber nicht unbedingt eine Verbesserung der Koordination bedeuten.

Aufgrund der Begriffsuneinigkeiten ist es zusätzlich schwierig, die Studienergebnisse zu vergleichen.

4.2 Studiendesign

Bei drei der ausgewählten Studien wurde das randomisierte, kontrollierte Studiendesign angewendet. Bei diesem Design werden die Studienteilnehmer nach dem Zufallsprinzip in eine Behandlungsgruppe und in eine Kontrollgruppe eingeteilt. Diese zufällige Zuweisung ermöglicht ein Vergleich der Behandlungsergebnisse beider Gruppen. Durch die Randomisierung besteht die grosse Wahrscheinlichkeit, dass sich die Teilnehmer beider Gruppen ähnlich sind (Law et al., 1998).

Aufgrund der Zusammensetzung der Kontrollgruppen, ähnlichen Messinstrumenten oder der Bestimmung möglicher Studienteilnehmer wird eine Studie als kontrolliert bezeichnet. Eine kontrollierte Studie erhöht die Wahrscheinlichkeit einer stärkeren Homogenität der Interventions- und Kontrollgruppe (Panfil & Mayer, zitiert nach Meichtry, 2009). „Mit einer Randomisierung ist es sehr wahrscheinlich, dass bei einer ausreichenden Stichprobengrösse wichtige bekannte, aber auch unbekannte Variablen beziehungsweise Einflussgrössen zufällig gleichmässig auf die Untersuchungsgruppen verteilt sind“ (Panfil & Mayer, zitiert nach Meichtry, 2009).

Lee & Lin (2008) nutzen in ihrer Studie das Vorher-Nachher-Design. Dieses Design wird zur Beurteilung einer Behandlungswirkung bei nur einer Behandlungsgruppe verwendet. In solchen Studien gibt es keine Kontrollgruppe. Der Zustand der Stu-

dienteilnehmer wird vor der Behandlung gemessen und mit dem Zustand nach der Behandlung verglichen (Law et al., 1998).

Die Studie von Sefton et al. (2010) wurde anhand des Kohortendesigns durchgeführt. Beim Kohortendesign werden die Teilnehmer nicht nach dem Zufallsprinzip eingeteilt. Der Forscher teilt Personen der Behandlungsgruppe zu und sucht dann für die Kontrollgruppe möglichst ähnliche Personen (Law et al., 1998). Dies ist insofern ein Nachteil, dass die Gruppen nicht vergleichbar sind. Laut Law et al. (1998) besteht der Vorteil des Kohortendesigns im kleineren Kosten- und Zeitaufwand.

4.3 Die Stichprobe

Das Durchschnittsalter der Teilnehmer und die Stichprobengrösse waren in allen fünf Studien vergleichbar. Die Gruppen sind betreffend Aufteilung Frauen/Männer und Grösse der Gruppen homogen, was wichtig ist für ein gutes Studienresultat (Kool, 2008). Die Aussagekraft aller Studien ist jedoch aufgrund der geringen Stichprobenanzahl in den Studien klein. Die Ergebnisse der Studien können deshalb nicht auf die Gesamtpopulation übertragen werden. Die Stichprobenbeschreibung und Stichprobenrekrutierung sind zudem ungenau. Es ist unklar, ob die Teilnehmer sportlich aktiv waren, welche Vorgeschichte sie besaßen und welchen Grades ihre Verletzung war. Dies wären zusätzlich wichtige Faktoren für die Homogenität der Gruppen. Es wäre möglich, dass Sportler bereits eine bessere Körperwahrnehmung oder Koordinationsfähigkeit besitzen und das Resultat somit verfälschen könnten.

4.4 Rekrutierung der Studienteilnehmer

Der Vergleich der Teilnehmer innerhalb der Gruppe auf die Sprunggelenksdysfunktion war schwierig, da verschiedene Rekrutierungsmassnahmen gewählt wurden (Kidgell und Lee: nur subjektive Befragung, Kyungmo: subjektive Befragung, McKeon: FADI, Sefton: FADI und anterior drawer test). Die Anzahl der vorangegangenen Supinationstraumen ist unterschiedlich. Wichtig ist die Differenzierung zwischen den verschiedenen Sprunggelenksinstabilitäten: es kann eine funktionelle, mechanische oder chronische Sprunggelenksinstabilität sein. Dies wurde in den Studien zu wenig genau definiert und die Rekrutierung der Teilnehmer hat sich nicht auf die genaue Unterteilung und dessen Symptome fokussiert.

4.5 Verblindung

Die Teilnehmer und die Tester wurden in keiner der fünf Studien verblindet. Es können also „Placeboeffekte“ aufgetreten sein (Panfil & Mayer, zitiert nach Meichtry, 2009). Der Placeboeffekt beschreibt den Umstand, dass die Teilnehmer wissen, in welcher Gruppe sie sich befinden und sich dementsprechend der zugeteilten Gruppe anpassen und das Resultat verfälschen können.

4.6 Dauer des Trainingsprogramms

In den Studien wurden Trainingsprogramme von unterschiedlicher Dauer durchgeführt (vier, sechs und zwölf Wochen). Die Forscher sind sich über die Auswirkung der Trainingsdauer uneinig. McKeon beschreibt in seiner Review (2008) dass die Dosierung von Koordinationstraining bei gesunden Teilnehmern eine grössere Wirkung erzielt, als dieselbe Dosierung bei Personen mit Sprunggelenksinstabilität. Er erwähnt auch, dass je länger das Koordinationstraining ausgeführt wird, desto grösser der Effekt ist (Bahr, Lian & Bahr, zitiert nach McKeon, 2008). Die Wirkung des Koordinationstrainings mit Fokus auf das Sprunggelenk wirkt sich auf die ganze untere Extremität aus.

Es kann allfällige Verletzungen vorbeugen, zum Beispiel am Knie (Grindstaff, Hamill, Tuzson & Hertel, zitiert nach McKeon, 2008). Dieses Thema wird im Theorie-Praxistransfer noch genauer erläutert.

4.7 Messgeräte

In den analysierten Studien wurden ähnliche Messgeräte (Kraftmessplatte, SEBT und Biodex 3 dynamometer) verwendet. Der SEBT und der Dynamometer können nicht nur als Messgerät, sondern zugleich auch als Trainingsgerät eingesetzt werden.

4.8 Messung im Einbeinstand

Bei der Stabilitätsmessung im Einbeinstand galt der COP als Messwert. Die Dauer des Einbeinstands während der Messung war jedoch unterschiedlich. Bei Kidgell et al. (2007) wurde während 25 Sekunden, bei McKeon et al. (2008) und Lee et al. (2008) während 10 Sekunden, bei Sefton et al. (2010) und Kyungmo et al. (2009) während 20 Sekunden gemessen. Die unterschiedlichen Messergebnisse können zu ungleichen Resultaten führen.

Die Kraftmessplatte und die Verschiebung des COP misst nur die posturale Stabilität des Fusses.

Um eine Aussage über die posturale Stabilität des ganzen Körpers zu machen, empfehlen die Autoren, die Haltungsschwingung („postural sway“) des ganzen Körpers mittels Sensoren zu messen.

4.9 Studie von Kidgell et al., 2007

Gemäss Kidgell et al. (2007) resultierte kein Unterschied zwischen dem Training mit dem Minitrampolin und der Dura Disc. Dies bestätigt, dass in der Praxis dasselbe Training auf unterschiedlichen Geräten keinen wesentlichen Unterschied mit sich bringt.

Die Rekrutierung der Teilnehmer erfolgte in einer Polizeischule und in einer Universität. Der Trainingszustand und der Allgemeinzustand dieser Teilnehmer sind schwierig zu vergleichen und wurden in der Studie auch nicht erwähnt. Dies könnte möglicherweise zu einer Verfälschung der Resultate geführt haben. Die Personen in der Kontrollgruppe durften ihr tägliches Training weiterführen. Es ist nicht bekannt, welche Fähigkeiten sie als Studenten oder Polizisten wie häufig trainierten.

Der Autor erwähnt, dass durch das Training möglicherweise der *Musculus gluteus medius* gekräftigt wurde.

Die in den Resultaten beschriebene Verbesserung der Haltungskontrolle könnte auf die Zunahme der Beckenstabilität zurückzuführen sein und nicht auf die Sprunggelenksstabilität. In dieser Studie war das Ziel, die Auswirkungen auf die Haltungsschwingung („postural sway“) zu untersuchen.

Die Haltungsschwingung wird gemäss Züger (2011) folgendermassen beschrieben: „In ruhigem Stand schwingt der Körperschwerpunkt über der Unterstützungsfläche mehrere Male in der Sekunde.“ Dies bedeutet auch, dass der Körper niemals ganz still steht. Kidgell et al. (2007) haben das Messgerät Kraftmessplatte für ihre Studie verwendet. Dabei wurde die Verschiebung des COP evaluiert. Dies entspricht nicht der Messung zur Ermittlung einer Haltungsschwingung.

4.10 Studie von Kyungmo et al., 2009

Die Stichprobenbeschreibung in dieser Studie ist sehr ungenau. Alters-, Berufs- und Freizeitangaben wurden nicht beschrieben. Weder die Teilnehmer noch der Tester wurden verblindet, was einen Placeboeffekt begünstigen kann.

Drei Teilnehmer schieden nach vier Wochen aus und zwei weitere nach acht Wochen. Es wurde keine Angaben zum Grund des Ausscheidens erwähnt.

Das Signifikanzlevel wurde bei $p < 0.01$ und nicht wie bei allen anderen Studien auf $p < 0.05$ festgelegt.

4.11 Studie von Lee et al., 2008

Es besteht in dieser Studie nur eine Behandlungsgruppe, die mittels Kreisel trainierte. In dieser Studie ist keine Kontrollgruppe vorhanden. Das Messgerät Biodex 3 isokinetic dynamometer wurde zu wenig ausführlich beschrieben. Die Funktionsweise und die Auswertung der Daten ist aufgrund der Beschreibung allein in der Studie nicht zu erkennen.

4.12 Studie von McKeon et al., 2008

Die Studie zeigt genaue Forschungs- und Literaturhintergründe auf. Auch die Begründung und die Notwendigkeit der Studie sind klar gegeben. Die Kontrollgruppe war mit Durchschnittsalter 19,5 Jahre rund drei Jahre jünger als die Trainingsgruppe (22.2 Jahre). Aufgrund des Alters kann man jedoch nicht auf die Instabilitätslage schliessen. Der Vergleich ist schwierig, da in der Studie keine Angaben zum Beruf und zur sportlichen Aktivität der Teilnehmer gemacht werden.

Die Messungen mit dem SEBT und FADI sind häufig gebraucht und zeigen gemäss Autor eine grosse Validität. Da McKeon die Auswirkungen des Koordinationstrainings mit drei verschiedenen Messgeräten auswertet, kann ein genaueres und aussagekräftigeres Ergebnis erzielt werden. Dies ist die einzige Studie, die auch das subjektive Stabilitätsgefühl der Personen zur Auswertung misst. Es wurde nicht angegeben, wer die Testung durchführte und ob es immer derselbe Prüfer war.

Die Teilnehmer der Kontrollgruppe durften denselben Aktivitätslevel wie vor der Teilnahme der Studie beibehalten, wobei nicht bekannt ist, welche Aktivitäten sie im Beruf und in der Freizeit ausüben.

4.13 Studie von Sefton et al., 2010

Das Studiendesign dieser Studie ist eine prospektive Kohorte. Es wurde keine Randomisierung der Teilnehmer durchgeführt. Aufgrund dessen ist nicht bekannt, ob die zwei Gruppen homogen waren und die unbekanntesten Variablen gleichmässig verteilt waren.

Vier unterschiedliche Messwerte wurden überprüft: die statische Balance, die dynamische Balance, die Motoneuronreizbarkeit und der Repositionssinn der Gelenksstellung. Durch die differenzierte Messung erhöht sich die Aussagekraft der Resultate. Hingegen wurde das Koordinationstraining im Zweibeinstand ausgeführt und die

Messungen im Einbeinstand, da das Trainingsgerät „Kreisel mit Murmellabyrinth“ nur im Zweibeinstand möglich ist. Gemäss dem Autor wird in der Praxis vom einfachen Training im Zweibeinstand zum schwierigen Training im Einbeinstand gesteigert. Hier stellt sich die Frage der Funktionalität. Warum im Zweibeinstand trainieren, wenn das Ziel die Messung im Einbeinstand ist? In der Physiotherapie ist das Trainingsgerät Murmellabyrinth selten vorhanden und daher ist die Anwendung dieses Behandlungsprogramms in der Praxis schwierig. Der „Kreisel mit Murmellabyrinth“ stellt eine zusätzliche kognitive Herausforderung dar, was ein Vergleich mit den anderen Studien erschwert. Gemäss Autor kann ein solches Trainingsgerät auch die „Compliance“ des Patienten fördern. Die dynamische posturale Kontrolle, gemessen mit dem SEBT, wurde in der Trainingsgruppe signifikant verbessert. Ebenfalls wurde die statische posturale Kontrolle verbessert. Die Autoren der Studie stellten sich die Frage, ob dem Training der statischen posturalen Kontrolle im Alltag viel Bedeutung geschenkt werden soll, da man sich im Alltag selten in einer statischen Position befindet.

Hauptsächlich soll in der Rehabilitation der Fokus auf das Training der dynamischen posturalen Kontrolle gesetzt werden, um die posturale Kontrolle im Alltag zu verbessern. Mit dem Koordinationstraining wurde der Prozentsatz der Motoneurone gesteigert, was gemäss Autor in einer besseren Anpassung an instabile Unterlagen resultiert.

4.14 Theorie-Praxistransfer

In diesem Teil werden die Ergebnisse der Diskussion und aus der Theorie zusammengefasst und relevante Schlüsse für die Praxis gezogen.

4.14.1 Dauer und Dosierung des Koordinationstrainings

Über die Dauer des Koordinationstrainings sind sich die Autoren der fünf Studien uneinig. Es werden vierwöchige, sechswöchige oder zwölfwöchige Trainings durchgeführt und keiner der Autoren kann begründen, welche Trainingsdauer einen Langzeiteffekt mit sich bringt.

Patienten mit einem Supinationstrauma oder mit einer Sprunggelenksinstabilität werden kaum länger als zwölf Wochen Physiotherapie erhalten. Das Heimtraining spielt nach der Therapie deshalb eine wichtige Rolle.

Die Wundheilung, Vorgeschichte und Konstitution sind mitentscheidend für die nötige Trainingsdauer und das schlussendliche Eintreten eines Langzeiteffektes. Ein Jugendlicher hat eine grössere sensomotorische Lernfähigkeit als eine ältere Person, da sich von der Entwicklungsetappe bis zur Pubertät die funktionelle Reifung des zentralen Nervensystems mit dem systematischen Bewegungslernen kombiniert. Das sich entwickelnde zentrale Nervensystem weist eine höhere Plastizität auf und fördert die Vernetzung der Nervenzellenverbände (Laube, 2005). Das bedeutet, dass bei einem Jugendlichen ein zeitlich kürzer andauerndes Koordinationstraining den gleichen Effekt mit sich bringt wie bei einem 40-jährigen mit dem gleichen Verletzungsgrad.

Durch die unterschiedlichen Dosierungen, die in den Studien angewendet werden, kann keine einheitliche Empfehlung für die Praxis abgegeben werden.

Harre (zitiert nach Laube, 2005) gibt ebenfalls keine Zeit- oder Dosierungsvorgaben bekannt, beschreibt aber folgende Kriterien zur Intensität des Koordinationstrainings:

- Die Belastung im ermüdungsfreien Zustand durchführen
- Schwierigkeitsgrad erhöhen, von der einfachen zur komplizierten Bewegungsanforderung
- Variationen und Vielseitigkeit ausarbeiten
- Veränderung der äusseren Bedingungen
- Häufiger Wechsel und Neukombinationen der Bewegungsanforderungen durchführen

4.14.2 Trainingsgerät

In den Physiotherapieräumen findet man oft viele verschiedene Koordinationstrainingsgeräte. Für ein Koordinationstraining kann man fast alle Geräte gebrauchen, wichtig für das Training und den Effekt sind jedoch immer die Ausgangsstellung, die Übungsauswahl und die oben genannten Kriterien zur Intensität des Koordinationstrainings.

Um die Propriozeption gezielt zu fördern und zu testen, kann in der Praxis das „Mirroring“ angewendet werden. Das, in der Studie von Lee & Lin (2010) verwendete, Trainingsgerät Biodex System 3 stellt finanziell einen grossen Aufwand dar und ist für die Praxis nicht unbedingt notwendig.

4.14.3 Koordinationstraining in der Praxis

Die Rehabilitationsprogramme dreier Kliniken werden nachfolgend verglichen. Das Inselspital Bern (2006) beschreibt, dass bei der funktionellen Nachbehandlung von Supinationstraumen mit oder ohne Ruptur der Ligamente die Rückkehr zu den Alltags- und Sportaktivitäten schnell gewährleistet ist. Zur funktionellen Nachbehandlung gehören nach der Akutphase (Schmerz- und Schwellungsbekämpfung) Belastungsverminderungen und allfällige Fixationen. Sobald es die Schmerzen und die Schwellung zulassen, darf mit langsamer Belastung begonnen werden. Danach empfiehlt das Inselspital Übungen zum Beweglichkeits- und Kraftaufbau, sowie ein Koordinationstraining. Dies beinhaltet das Balancieren im Einbeinstand, zuerst auf ebenem Untergrund, dann auf schiefer Ebene und zuletzt auf beweglichem Untergrund. Die Autoren erwähnen, dass das Sporttraining erst wieder aufgenommen werden kann, sobald die unwillkürliche Gelenkskontrolle (Steh- und Gehsicherheit, kein Instabilitätsgefühl) wieder optimal ist. Das Inselspital schafft mit diesem kurzen Heimprogramm eine Präventionsmassnahme für chronische Sprunggelenksinstabilitäten und erkennt den Effekt des Koordinationstrainings. Physiotherapie ist nach akutem Supinationstrauma im Inselspital nur ausnahmsweise indiziert.

Eine andere Art der Behandlung wird in der Schulthess Klinik (2011) in Zürich angewendet. Patienten mit einer Kapselbandruptur am oberen Sprunggelenk erhalten zweimal wöchentlich ambulante Physiotherapie. Ab der siebten Woche einmal pro Woche Therapie und zweimal wöchentlich medizinische Trainingstherapie. Die Behandlungsansätze sind ähnlich wie im Inselspital Bern.

In der dritten Woche, sobald die Schmerzen und Schwellung abgenommen haben, wird mit dynamischem, sensomotorischem Training in Vollbelastung trainiert. In der siebten Woche erhalten die Patienten ein sportartspezifisches und sensomotorisches Training. Die Rückkehr zur Sportart erfolgt erst nach Absprache mit dem Physiotherapeuten oder Arzt, nachdem das obere Sprunggelenk muskulär stabilisiert werden kann. In der Schulthess Klinik wird dem Patienten keine allgemeine Trainingsanleitung abgegeben. Die Autorinnen vermuten, dass das Trainingsprogramm individuell nach Patient, Alter, Wundheilung und Grad der Ruptur angepasst und durchgeführt wird. Die Patienten befinden sich über längere Zeit in der ambulanten Physiotherapie und erhalten die Übungen und Instruktion spezifisch angepasst.

Die Hirslanden Sportklinik Birshof (2011) legt nach der akuten Phase eines Supinationstraumas Wert auf propriozeptives Training in einem Stabilschuh, auf koordinative Stabilisierungsübungen sowie Training der Kraftausdauer. In der vierten Woche beginnt die Physiotherapie mit statischen und dynamischen Übungen der Fusstabilisatoren und Unterschenkelmuskulatur. Koordinative Stabilisierungsübungen werden vermehrt durchgeführt: in geschlossener Kette, mit unterschiedlichen Unterlagen und reaktiven Aktivitäten. Ab der sechsten Woche beginnt der sportartspezifische Aufbau: Lauf ABC, Abstoss- und Landeaktivitäten, Start und Stopp, Sprünge. Dem Koordinationstraining wird in dieser Sportklinik viel Bedeutung zugeteilt. Die Nachbehandlung ist sehr funktionell und bezogen auf die Sportart.

Valderrabano et al. (2007) geben in Ihrer Studie über die chronische Instabilität bei Sprunggelenken Empfehlungen für ein physiotherapeutisches Training bei chronischer Sprunggelenksinstabilität ab.

In der ersten Phase der Therapie werden zur Verbesserung der posturalen Kontrolle Stabilisierungsübungen im Einbeinstand und im Zehenstand durchgeführt. Dies hat in dieser Phase zusammen mit dem Erhalt oder der Verbesserung des Bewegungsumfanges im Sprunggelenk erste Priorität.

In der zweiten Phase wird der Fokus auf propriozeptive Übungen gelegt, wobei mit den Patienten der Gelenksstellungs-, Gelenkslage- und Gelenkskraftsinn verbessert wird. Gleichzeitig haben die Gangschule und Stabilisierungsübungen auf unebenem Grund einen wichtigen Stellenwert.

Die Kraft wird vor allem in der dritten Phase mit Hanteln, Theraband und ähnlichem trainiert. Die Stabilisierungsübungen werden forciert: zusätzlich zur unebenen Unterlage werden kognitive Anforderungen gestellt. Das Koordinationstraining wird immer mehr mit geschlossenen Augen, ohne Vorbereitung, ohne Kontrolle und auf die Reaktion und das Gleichgewicht fokussiert.

In der vierten Phase findet die Rückkehr zum (Spitzen-)sport statt. Hierbei werden alle Elemente integriert und die Stabilisierung wird auch in unkontrollierbaren Situationen erreicht.

Die Studie beinhaltet ein ähnliches Training wie dies bei der Sportklinik Birshof, Basel und in der Schulthessklinik, Zürich nach akuten Sprunggelenksverletzungen angewendet wird.

Die Übungsauswahl, Dosierung und die Dauer des Koordinationstrainings sollte patientenspezifisch angepasst werden, damit optimale Ergebnisse auf die posturale Kontrolle erreicht werden. Bei Ermüdung soll eine Pause bewusst eingesetzt werden. Der Aufbau und die Art des Trainings kann man anhand der Taxonomie steuern. Die Taxonomie beschreibt die Steigerungsmöglichkeiten beim Erarbeiten der posturalen Kontrolle. Um eine Übung zu erschweren, kann beispielsweise die Geschwindigkeit gesteigert werden, die Unterstützungsfläche verkleinert werden oder der Kraftaufwand für die Übung erhöht werden. Das motorische Lernen wird hierbei immer berücksichtigt.

5. Schlussfolgerungen

Die Fragestellung konnte mittels fünf Studien nur teilweise beantwortet werden. In den Studien wurde ein positiver Effekt des Koordinationstrainings auf die posturale Kontrolle ermittelt. Aufgrund der unterschiedlich langen Trainingsdauer, verschiedenen Trainingsgeräten und Stichproben ist es jedoch schwierig, die Resultate der fünf Studien zu vergleichen. Eine allgemein gültige Aussage über den Effekt des Koordinationstrainings auf die posturale Kontrolle zu machen, ist somit nicht möglich. Um die Fragestellung besser beantworten zu können, müssten zukünftig durchgeführte Studien einheitlichere Massnahmen und Messungen anwenden. In Zukunft müsste auch geklärt werden, wie lange die Dauer eines Koordinationstrainings sein muss, damit eine Anpassung auf struktureller Ebene erfolgt.

Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass die Begriffe posturale Kontrolle und Stabilität, sowie auch Propriozeption, Balance, Koordination, nicht einheitlich verwendet werden. In den Studien werden auch die Begriffe chronischer, funktioneller oder mechanischer Sprunggelenksinstabilität gebraucht. Hierbei müsste definiert werden, ab welcher Anzahl Supinationstraumen es als eine chronische oder funktionelle Instabilität gilt.

Auch aufgrund der Sekundärliteratur konnte die Wirkweise des Koordinationstrainings nicht abschliessend geklärt werden. Es bestehen zurzeit noch zu viele verschiedene Ansichten. Manche physiologische Vorgänge, in Bezug auf das motorische Lernen, sind noch nicht erforscht. Auch in diesem Bereich ist Potenzial da, sich weiter zu entwickeln.

Eine mögliche Forschungsfrage wäre: Welchen Einfluss hat das Koordinationstraining auf physiologischer, biomechanischer und neuromuskulärer Ebene?

Interessant wäre auch eine Studie zum Thema: Welches Trainingsgerät / Trainingsdauer / Trainingsintensität bringt die besten Resultate für eine Verbesserung der Koordination mit sich?

Eine zukünftige Literaturreview zu diesem Thema sollte nur Studien miteinbeziehen, die dasselbe Design haben. Dies würde einen Vergleich der Resultate erleichtern und somit die Aussagekraft vergrössern.

Das Trainingsprogramm von McKeon et al. (2008) zeigt ein funktionelles, praxistaugliches Koordinationstraining auf. Es beinhaltet Sprungübungen, welche im Vergleich zu den anderen Trainingsprogrammen (auf Kreiseln, Minitrampoline und mit Therabändern) für sportlich aktive Personen eine grössere Bedeutung haben. Die Sprünge sind mit den Belastungsansprüchen im Sport und im Alltag zu vergleichen.

6. Verzeichnisse

6.1 Literaturverzeichnis

- Ahonen, J., Lahtinen, T., Pogliani, G. & Sandström, M. (2003). *Sportmedizin und Trainingslehre*. Stuttgart: Schattauer.
- American Psychological Association. (2009). *Publication Manual*. Washington: American Psychological Association.
- Bizzini, M. (2000). *Sensomotorische Rehabilitation nach Beinverletzungen*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Comfort, P. & Abrahamson, E. (2010). *Sports rehabilitation & injury prevention*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Delahunt, E. (2007). Peroneal reflex contribution to the development of functional instability of the ankle joint. *Physical Therapy in Sport*, 8, 98-104.
- Diemer, F. & Sutor, V. (2007). *Praxis der medizinischen Trainingstherapie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Drouin, J. M., Valovich-McLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M. & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European journal of applied physiology*, 91 (1), 22-9.
- Ergen, E. & Ulkar, B. (2007). *Clinical Sports Medicine, Medical Management and Rehabilitation*. In A. Frontera, W., Micheli, L., Herring, S. & Silver, J. (Hrsg.), Proprioception and Coordination (237-255). London: Elsevier.
- Filipa, A., Byrnes, R., Paterno, M. V., Myer, G. D. & Hewett, T. E. (2010). Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 40 (9), 551-8.
- Frigg, A., Leumann, A., Pagenstert, G., Ebnetter, L., Hintermann, B. & Valderrabano, V. (2006). Instabilität des oberen Sprunggelenkes im Sport. *FussSprungg*, 4, 139-149.
- Grigg, P. (1994). Peripher Neural Mechanism in Proprioception. *J Sport Rehabilitation*, 3, 12-17.

- Hasan, S.S., Robin, D.W., Szurkus, D.C., Ashmead, D.H., Peterson, S.W. & Shiavi, R.G. (1999). Simultaneous measurement of body center of pressure and center of gravity during upright stance. Part I: Methods. *Gait & Posture*, 4 (1), 1-10.
- Hass, C. J., Bishop, M. D., Doidge, D. & Wikstrom, E. A. (2010). Chronic ankle instability alters central organisation of movement. *The American Journal of Sports Medicine*, 4, 829-834.
- Häfelinger, U. & Schuba, V. (2010). *Koordinationstherapie - Propriozeptives Training*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Hertel, J. (2002). Functional Anatomy, Pathomechanics and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability. *Journal of Athletic Training*, 37(4), 364-375.
- Hertel, J., Olmstedt-Kramer, L. & Challis, J. (2007). Time-to-boundary measures of postural control during single leg quiet standing. *Journal of applied biomechanics*, 22(1), 67-73.
- Hirslanden Sportklinik Birshof. (2011). Nachbehandlungsschema fibuläre Bandverletzung. Basel: Sebesta, A.
- Höglinger, M., (2007). Zum möglichen Einfluss einer 3-D-Ganganalyse auf die Operationsplanung bei Rotationsfehlstellung der unteren Extremitäten, München: GRIN Verlag
- Hupperets, M., Verhagen, E. & Van Mechelen, W. (2009). Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain. *BMJ*, 339, b2684.
- Hüter-Becker, A. & Dölken, M. (2005). *Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Inselspital Bern. (2006). Sprunggelenksverstauchung. Bern: Weber, M.
- Kavounoudias, A., Roll, R. & Roll, J-P. (2000). Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation. *Journal of Physiology*, 532(3), 869-878.
- Kejonen, P. & Kauranen, K. (2002). Reliability and Validity of Standing Balance Measurements with a Motion Analysis. *Physiotherapy*, 88 (1), 25-32.
- Laube, W. (2005). Trainingslehre. In A. Hüter Becker A. & Dölken, M. (Hrsg.) *Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre* (299). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Laube, W. (2009). *Sensomotorisches System. Physiologisches Detailwissen für Physiotherapeuten*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. & Westmorland, M. (1998) Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien. McMaster-Universität.
- Lee, A. J. Y. & Lin W.-H. (2008). Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability. *Clinical Biomechanics*, 23, 1065-1072.
- Leumann, A., Tsaknis, R., Wiewiorski, M. & Valderrabano, V. (2008). Das akute Supinationstrauma des oberen Sprunggelenkes – eine Bagatelle? *Schweiz Med Forum*, 8(11), 214-216.
- Kidgell, D. J., Horvath. D. M., Jackson, B. M. & Seymour, P. J. (2007). Effect of Six Weeks of Dura Disc and Mini-Trampoline Balance Training on Postural Sway in Athletes With Functional Ankle Instability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 466-469.
- Kinzey, S. J. & Armstrong, C. W. (1998). The Reliability of the Star-Excursion Test in Assessing Dynamic Balance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27, 356-360.
- Klinke, R., Pape, H.-C. & Silbernagel, S. (2005). Sensomotorik im Überblick, *Physiologie*, Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Kool, J. (2008). *Quantitative Forschung. Die interne Validität von Effektivitätsstudien.* [PDF-Dokument]. Heruntergeladen von: <http://www.elearningzhaw.ch/moodle>
- Kyungmo, H., Ricard, M. D. & Fellingham, G. W. (2009). Effects of a 4-Week Exercise Program on Balance Using Elastic Tubing as a Perturbation Force for Individuals With a History of Ankle Sprains. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(4), 246-255.
- McKeon, P. O. & Hertel, J. (2008). Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part II: Is balance training clinically effective? *Journal of Athletic Training*, 43(3), 305-315.
- McKeon, P. O., Ingersoll, C. D., Kerrigan, D. C., Saliba, E. N., Bennett, B.C. & Hertel, J. (2008). Balance Training Improves Function and Postural Control in Those with Chronic Ankle Instability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(10), 1810-1819.
- McKeon, P. O., Paolini, G., Ingersoll, C. D., Kerrigan, D.C., Saliba, E.N., Bennett, B. C. & Hertel, J. (2009). Effects of balance training on gait parameters in patients with chronic ankle instability. *Clinical Rehabilitation*, 23, 609-621.

- Meichtry, A., Naef, R. & Imhof, L. (2009). *Kursreader Wissenschaftliches Arbeiten II*. Winterthur: ZHAW
- Nöhring, F.-J. (2002). *Fachwörterbuch Medizin*. München: Urban & Fischer Verlag.
- Olmsted, L. C., Carcia, C. R., Hertel, J. & Shultz, S. J. (2002). Efficacy of the Star Excursion Balance Tests in Detecting Reach Deficits in Subjects with Chronic Ankle Instability [Abstract]. *Journal of Athletic Trainig*, 37(4), 501-506.
- Reuter, P. (2005). *Springer Wörterbuch Medizin*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Sefton, J. M., Yarar, C., Hicks-Little, C. A., Berry, J. W. & Cordova, M. L. (2011). Six weeks of Balance Training Improves Sensorimotor Function in Individuals With Chronic Ankle Instability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 41(2), 81-89.
- Schmidt, F. (1995). *Neuro- und Sinnesphysiologie*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Schönle, C. (2004). Wirkungen des Krafttrainings auf den Muskel. In A. Grifka, J. (Hrsg.), *Rehabilitation* (108). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Schulthess Klinik. (2011). *Konservative Therapie nach Kapselbandruptur am OSG*. Zürich: Müller, R.
- Valderrabano, V, Wiewiorski, M., Frigg, A., Hintermann, B. & Leumann, A. (2007). Chronische Instabilität des oberen Sprunggelenks. *Unfallchirurg*, 110, 691-700.
- Webster, K. A., Gribble, Ph. A. (2010). Functional Rehabilitation Interventions for Chronic Ankle Instability: A Systematic Review. *Journal of Sport Rehabilitation*. 19, 98-114.
- Wehrli, W. (2003). *Enzyklopädie elektrophysiologischer Untersuchungen*. München: Urban & Fischer Verlag.
- Züger, M. (2011). *Der aufrechte Stand*. Neuromotorik und Sensorik Block 5. [PDF-Dokument]. Heruntergeladen von: <http://www.zhaw.ch/moodle>

6.2 Bildverzeichnis

Abbildung 1: Ligamente und ossäre Strukturen des lateralen Sprunggelenks
Dr. med. Martin Littich (Jahr unbekannt). Außenbandverletzung am oberen Sprunggelenk. [On-Line]. Available: <http://www.dr-littich.de/op/bandverl.htm> (03.03.2011)

Abbildung 2: Fussgewölbe mit den drei Belastungspunkten des Fusses

Bürgi, M. (2008). Funktionelle Anatomie des Fusses. Heruntergeladen von <http://www.elearningzhaw.ch/moodle/> (01.04.2011)

Abbildung 3: Belastung des Fusses

Bürgi, M. (2008). Funktionelle Anatomie des Fusses. Heruntergeladen von <http://www.elearningzhaw.ch/moodle/> (01.04.2011)

Abbildung 4: Fusswölbung

Bürgi, M. (2008). Funktionelle Anatomie des Fusses. Heruntergeladen von <http://www.elearningzhaw.ch/moodle/> (01.04.2011)

Abbildung 5: Dura Disc

Sportstek.net (2011). Sportstek Secure Online Store. [On-Line]. Available: <http://www.sportstek.net/prices/products.php?pg=10> (01.03.2011).

Abbildung 6: BAPS

Thefind.com (2011). Shop the web. Baps board. [On-Line]. Available: <http://www.thefind.com/appliances/info-baps-board> (02.03.2011).

Abbildung 7: Richtung und Entfernung für Sprung- und Stabilisationsaktivitäten

McKeon, P. O., Ingersoll, C. D., Kerrigan, D. C., Saliba, E. N., Bennett, B.C. & Hertel, J. (2008). Balance Training Improves Function and Postural Control in Those with Chronic Ankle Instability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(10), 1810-1819.

Abbildung 8: Biodex isokinetic dynamometer System 4

Biodex Medical Systems, Inc. (2010). Physical Medicine. System 4. [On-Line]. Available: http://www.biodex.com/rehab/system4/system4_feat.htm (15.03.2011)

7. Wortzahl

Wortzahl Abstract: 359

Wortzahl Arbeit: 10'381 (inklusive Beschriftung der Abbildungen)

8. Danksagung

Ein besonderer Dank gilt unserer Betreuerin Yolanda Mohr. Sie hat uns während unserer Arbeit stets mit Rat und Tat zur Seite gestanden und gut unterstützt. Ein weiterer Dank gilt auch Manuela Züger, die während des Neuromotorik & Sensorik Unterrichts unsere Fragen zur posturalen Kontrolle beantwortete. Vielen Dank an die Korrekturleser/innen Regina Graf, Raphaela Hobel, Sandro Müller und Marco Schneider.

9. Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erklären wir, die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst zu haben.

Datum

Unterschrift

Anhang

Glossar

Afferente	hinführende, zuführende (Informationen, Bahnen), leiten Reize von aussen
Analgesie	Schmerzlinderung
Ankle strategy	Sprunggelenksstrategie, ein Umfallen wird mit der Bewegung des Sprunggelenks verhindert
Anterior	Vorne
Anterior drawer test	Vorderer Schubladentest, testet die Talusverschieblichkeit nach anterior
Antizipativ	vorausahnend, vor der Bewegung,
BABS	Biomechanical ankle platform system
Biomechanik, bio-mechanisch	Anwendung von Methoden und Erkenntnissen der Mechanik auf den Körper und Körperbewegungen
CAI	Chronic ankle instability, chronische Sprunggelenksinstabilität
Calcaneus	Fersenbein
Cerebellum	Kleinhirn
Compliance	Bereitschaft des Patienten zur Mit- und Zusammenarbeit
COP	Centre of pressure
Degenerativ	zurückgebildet, verfallen
Dorsalflexion	Beugung in Sprunggelenk
Druckdolenz	Empfindlichkeit auf Druck
Dynamisch	in Bewegung
Extrinsisch	Äussere
Eversion	Auswärtsdrehung des Fusses
Feedback	Rückkopplung
Feedforward	Vorausschauend
Hämatom	Bluterguss
Hip strategy	Hüftstrategie, ein Umfallen wird mit der Bewegung des Hüftgelenks verhindert
Homogenität	Gleichartigkeit, Übereinstimmung

Intrinsisch	Innere
Inversion	Auswärtsdrehung des Fusses
Kinematik	Bewegungslehre
Kinästhäsie	Wahrnehmung von Bewegung durch Tiefensensibilität
Lateral	Seitlich
Laxität	Lockerung
Ligamente	Bänder
Medial	zur Mitte hin
Mirroring	passives Positionieren eines Gelenkes (von distal nach proximal)
Musculus gluteus	Gesässmuskel
Musculus peroneus longus, brevis	Zwei Muskeln am seitlichen, äusseren Unterschenkel, die den äusseren Fussrand hochziehen
Musculus soleus	Kniebeuger in der Kniekehle
Musculus triceps Surae	Wadenmuskel
Muskelsynergien	Zusammenspiel der Muskulatur
Neuromuskulär	Nerven und Muskeln betreffend oder verbindend
Neurophysiologisch	in Bezug auf die Vorgänge des Nervensystems
Pathologisch	Krankhaft
Peripher	im äusseren Körperbereich liegend
Physiologisch	die Vorgänge des Körpers betreffend
Plantarflexion	Zehen nach unten strecken
Posterior	Hinten
Posturale Kontrolle	Haltungskontrolle
Postural sway	Haltungsschwingung
Primärliteratur	Originalquellen, Studien, Reviews
Pronation	einwärtsdrehung des Vorfusses
Propriozeptiv	die Eigenwahrnehmung des Körpers betreffend
Reposition	Wiederherstellung (z. B. der Gelenksstellung)
Rezeptor	Struktur zur Aufnahme von Reizen
Rezidivierende	Wiederkehrende
Ruptur	Riss

SEBT	Star Excursion Balance Test
Sekundärliteratur	Sammelwerke, Bücher
Sensomotorisch	sowohl sensorisch als auch motorisch
Statisch	in Ruhe
Statodynamisch	Gleichgewichtssinn und Dynamik betreffend
Supination	Auswärtsdrehung des Vorfusses
Supinationswinkel	in einen Bereich der Fussstellung, wo ein Supinations- trauma ausgelöst werden könnte
Supraspinal	oberhalb des Rückenmarks liegend (im Gehirn)
Tibia	Schienbein
Traumatisierenden	Verunfallenden
TTB	Time to boundary
Unterstützungsfläche	Standfläche, Fläche der Auflagepunkte des Körpers
Vestibulär	den Gleichgewichtssinn betreffend
Visuell	den Sehsinn betreffend

Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien	
©Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998	
McMaster-Universität	
Titel: Effect of 6 weeks dura disc and mini-trampoline balance training on postural sway in athletes with functional ankle instability Kidgell et al. 2007, Journal of Strength and Conditioning Research	
<p>Zweck der Studie</p> <p>Wurde der Zweck klar angegeben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage?</p> <p>Die Studie versucht die Wirksamkeit von Dura Disc- und Minitrampolintraining bei Athleten mit funktioneller Sprunggelenksinstabilität zu vergleichen. Es ist zwar ein Vergleich von zwei Trainingsmethoden, aber die Studie behandelt auch das Thema, ob Koordinationstraining bei Sprunggelenksinstabilitäten im Allgemeinen wirksam ist.</p>
<p>Literatur</p> <p>Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</p> <p>Viel Forschung zur Wirksamkeit des Balancebretttrainings wurde betrieben. Fünf Autoren haben bereits eine verbesserte Balance- und Sprunggelenkskontrolle aufgezeigt. Laut den Autoren habe hat bis anhin keine Studie aufgezeigt, ob Koordinationstraining auf einer Dura Disc oder auf einem Minitrampolin effektiver ist. Der Autor dieser Studie schreibt, dass das Minitrampolin gut erschwinglich, benutzerfreundlich, transportfähig und einfach zu Nutzen sei.</p>
<p>Design</p>	<p>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprech das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)?</p>

<input checked="" type="checkbox"/> RCT <input type="checkbox"/> Kohortenstudie <input type="checkbox"/> Einzelfall-Design <input type="checkbox"/> Vorher-Nachher-Design <input type="checkbox"/> Fall-Kontroll-Studie <input type="checkbox"/> Querschnittstudie <input type="checkbox"/> Fallstudie	<p>Die Personen wurden in drei Gruppen aufgeteilt und die Wirksamkeit des Balancebretttrainings im Vergleich zum Minitrampoltraining zur Kontrollgruppe wurde untersucht.</p> <p>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, Bias) die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</p> <p>Personen in der Kontrollgruppe durften ihr tägliches Training während der sechs Wochen weiterführen.</p> <p>Es wurde keine Verblindung der Tester und Teilnehmer durchgeführt.</p>
<p>Stichprobe</p> <p>N= 20</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <p>Wurde die Stichprobengrösse begründet?</p> <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Entfällt	<p>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <p>Männer= 11, Frauen= 9 Dura Disc= 7, Minitrampolin= 7, Kontrollgruppe= 6</p> <p>Personen zwischen 18-35 Jahren. Personen mit einem Supinationstrauma innerhalb der letzten zwei Jahre. Die Teilnehmer wurden aus der Universitätspopulation, aus regionalen Freizeit- und Sportclubs und von der Polizei in Victoria rekrutiert.</p> <p>Der Beruf ist bekannt, jedoch weiss man nicht, ob auch Sportler darunter sind und welche Sportart sie betreiben. Alle Teilnehmer partizipierten freiwillig.</p> <p>Die Teilnehmer wurden vollständig über den Zweck der Studie, den Ablauf, mögliche Vorteile und mögliche Risiken bei der Teilnahme informiert.</p>

<p>Ergebnisse (outcomes)</p> <p>Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p> <p>Waren die outcome Messungen gültig (valide)?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p>	<p>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (vorher, nachher, bei Nachbeobachtungen (pre-, post-, follow-up))</p> <p>Vorher- und Nachhermessung.</p> <p>Mass hat das gemessen, was man messen wollte.</p> <p>Die Messgenauigkeit vom COP wurde angegeben (r=0.972, p=0.00).</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <th style="width: 50%; text-align: left;">Outcome Bereiche</th> <th style="width: 50%; text-align: left;">Listen Sie die verwendeten Messungen auf</th> </tr> <tr> <td>Posturale Stabilität</td> <td>Kraftmessplatte: Verschiebung des COP wurde gemessen</td> </tr> </table>	Outcome Bereiche	Listen Sie die verwendeten Messungen auf	Posturale Stabilität	Kraftmessplatte: Verschiebung des COP wurde gemessen
Outcome Bereiche	Listen Sie die verwendeten Messungen auf				
Posturale Stabilität	Kraftmessplatte: Verschiebung des COP wurde gemessen				
<p>Massnahmen</p> <p>Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p> <p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Nicht angegeben <input type="checkbox"/> Entfällt</p>	<p>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der Praxis wiederholt werden?</p> <p>Beide Interventionsgruppen (Dura Disc und Minitrampolin) führten dieselben Übungen durch. Dies geschah während sechs Wochen drei Mal wöchentlich.</p> <p>Übungen: Im Einbeinstand Plantarflexion/ Dorsalextension im Talocruralgelenk, Inversion/ Eversion im Subtalargelenk</p> <p>Es erfolgte eine progressive Steigerung der Übungsdauer und der Repetitionen.</p>				

<p>Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Korrekturen/Interventionen) vermieden?</p> <p> <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben <input type="checkbox"/> Entfällt </p>	<p>Die Kontrollgruppe durfte ihr tägliches Training beibehalten. Es wurde nicht beschrieben, welches Training sie ausführten.</p>
<p>Ergebnisse</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Entfällt <input type="checkbox"/> Nicht angegeben </p> <p>War(en) die Analysemethode(n) geeignet?</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben </p> <p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben </p>	<p>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? Falls es um viele Ergebnisse ging: Wurde dies bei der statistischen Analyse berücksichtigt?</p> <p>Die Ergebnisse wurden mittels einer ANOVA-Analyse ausgewertet.</p> <p>Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen der Dura Disc- und der Minitrampolingrouppe ($p=0.193$). Der Vergleich von der Vorher- und Nachhermessung beider Interventionsgruppen war jedoch signifikant ($p=0.003$). Das heisst, dass das Dura Disc- sowie das Minitrampolintaining wirksam zur Verbesserung der posturalen Kontrolle sind.</p> <p>Die Anzahl der Teilnehmer war klein, daher ist eine Aussagekraft für die Allgemeinheit nicht möglich.</p> <p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</p> <p>Die Hypothese, dass in Zukunft in der Therapie auch das Minitrampolin für das Koordinations-training bei einer lateralen Sprunggelenksinstabilität genutzt werden kann, wurde bestätigt.</p>

<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben</p> <p><input type="checkbox"/> Ja</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p> <p>Es wurde nicht angegeben, ob Teilnehmer von der Studie ausschieden.</p>
<p>Schlussfolgerungen und klinische Implikationen</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die Praxis? Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p> <p>Der Effekt von der Vorher- und Nachher-Testung war positiv, da beide Gruppen dieselben Übungen durchführten.</p> <p>Aufgrund des limitierten Equipments und der zeitlichen Einschränkung wurde eine kleine Teilnehmerzahl gewählt.</p> <p>Möglicherweise hat das Training auch die Beckenstabilität verbessert und die Haltungskontrolle hat sich dadurch verbessert.</p>

Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien	
©Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998	
McMaster-Universität	
Titel: Effects of a 4-week exercise program on balance using elastic tubing as a pertubation force for individuals with a history of ankle sprains. Kyungmo et al. 2009, Journal of orthopaedic & sports physical therapy.	
Zweck der Studie Wurde der Zweck klar angegeben? <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage? Ziel der Studie war, herauszufinden, welcher Effekt ein vierwöchiges Koordinationstraining mit einem Zugapparat bei Personen mit und ohne Supinationstrauma hervorbringt. Die Forschungsfrage korreliert mit dem Ziel der Studie.
Literatur Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde. Bisher gab es keine Forschung über den Zugapparat im Zusammenhang mit einer Verbesserung der Balance bei Personen mit vermehrten Supinationstraumen. Die bisherige Literatur zeigte, dass Koordinationstraining, vor allem als Prävention von Rezidiven, ein grosser Nutzen hervorbrachte. Balancedefizite wurden vielerorts bei chronischen Sprunggelenksinstabilitäten beobachtet. Die Therapeuten nutzen verschiedene Trainingsgeräte zur Verbesserung der Balance unter anderem den Zugapparat.
Design <input checked="" type="checkbox"/> RCT <input type="checkbox"/> Kohortenstudie <input type="checkbox"/> Einzelfall-Design <input type="checkbox"/> Vorher-Nachher-Design <input type="checkbox"/> Fall-Kontroll-Studie <input type="checkbox"/> Querschnittstudie	Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprech das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)? Dies ist eine randomisierte, kontrollierte Studie, die den Effekt des Trainings untersuchen will.

<input type="checkbox"/> Fallstudie	<p>Mit Vorher- und Nachher- und dem Vergleich der Trainings- und der Kontrollgruppe. Es wurde schon viel Forschung auf diesem Gebiet betrieben, daher eignet sich das Studiendesign. Das Messinstrument ist standardisiert.</p> <p>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, Bias) die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</p> <p>Stichprobengröße ist gering. Die Gruppen wurden nicht verblindet. Die Tester wurden nicht verblindet.</p>
<p>Stichprobe</p> <p>N= 40 vor Training N= 37 nach 4-wöchigem Training</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein</p> <p>Wurde die Stichprobengröße begründet?</p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Entfällt</p>	<p>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <p>20 Frauen, 20 Männer, 20 Personen mit chronischer Sprunggelenksinstabilität, 20 Personen ohne Sprunggelenksinstabilität.</p> <p>Aufteilung in vier Gruppen: chronische Sprunggelenksinstabilität: 1 Trainingsgruppe (n=10), 1 Kontrollgruppe (n=10) Ohne Sprunggelenksinstabilität: 1 Trainingsgruppe (n=10) 1 Kontrollgruppe (n=10)</p> <p>Der Beruf oder die Freizeitaktivitäten der Teilnehmer sowie das Alter sind unbekannt, deshalb ist ein Vergleich mit anderen Studien schwierig.</p> <p>Es gab keine Begründung der Stichprobengröße.</p>

<p>Ergebnisse (outcomes)</p> <p>Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p> <p>Waren die outcome Messungen gültig (valide)?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p>	<p>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (vorher, nachher, bei Nachbeobachtungen (pre-, post-, follow-up))</p> <p>Vorher- und Nachhermessung.</p> <p>Mass hat das gemessen, was man messen soll.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <th style="width: 50%; text-align: left;">Outcome Bereiche</th> <th style="width: 50%; text-align: left;">Listen Sie die verwendeten Messungen auf</th> </tr> <tr> <td>Koordinationsfähigkeit</td> <td>AMTI force plate (Messung des COP) TTD</td> </tr> </table>	Outcome Bereiche	Listen Sie die verwendeten Messungen auf	Koordinationsfähigkeit	AMTI force plate (Messung des COP) TTD
Outcome Bereiche	Listen Sie die verwendeten Messungen auf				
Koordinationsfähigkeit	AMTI force plate (Messung des COP) TTD				
<p>Massnahmen</p> <p>Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p> <p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Nicht angegeben <input type="checkbox"/> Entfällt</p>	<p>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der Praxis wiederholt werden?</p> <p>Trainingsgruppen führten Koordinationstraining aus.</p> <p>4 Übungen mit dem Zugapparat (Standbein = betroffenes Bein. Bei der gesunden Gruppe wurde es vorher festgelegt)</p> <p>Übungen: Zug nach vorne Zug nach hinten Überkreuzung vorne Überkreuzung hinten</p> <p>3x15 Wiederholungen, 3x wöchentlich</p> <p>Massnahmen können in der Praxis gut angewendet werden.</p> <p>Erhöhung des Widerstandes des Zugapparates jede Woche.</p>				

<p>Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Korrekturen/Interventionen) vermieden?</p> <p><input type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Nicht angegeben</p> <p><input type="checkbox"/> Entfällt</p>	<p>Training im Einbeinstand stellt hohe Anforderungen an die Probanden dar, vor allem bei einer konstant korrekten Ausführung. Die Haltung des Rumpfes, der Hüfte, Knie und Füsse müssen ständig kontrolliert werden.</p>
<p>Ergebnisse</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p> <p><input type="checkbox"/> Entfällt</p> <p><input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p> <p>War(en) die Analysemethode(n) geeignet?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p> <p><input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p>	<p>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? Falls es um viele Ergebnisse ging: Wurde dies bei der statistischen Analyse berücksichtigt?</p> <p>Frauen zeigten nach vierwöchigem Training eine bessere Balance im Vergleich zu den Männern ($p = .009$).</p> <p>Die Balance verbesserte sich auch bei der Trainingsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe ($p = .001$) sowie in der Gruppe der CAI verglichen mit den gesunden Personen ohne bisheriges Trauma ($p = .01$).</p> <p>Vergleich Zeit (pre-training / post-training), Geschichte (CAI / Personen ohne Trauma) und Behandlung (Trainings / Kontrollgruppe) nicht signifikant ($p = .146$)</p> <p>Personen in der Kontrollgruppe zeigten kein Unterschied in der Balance.</p> <p>Training mit dem Zugapparat im Einbeinstand ist dynamisch. Gemessen wurde aber statisch auf der Kraftmessplatte im Einbeinstand.</p>

<p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p> <p><input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p>	<p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</p> <p>Unterschied CAI- Personen ohne Trauma klinisch von Bedeutung = unterschiedliche Ausgangslage.</p> <p>Training zeigte signifikante Verbesserungen der Balance nach vier Wochen bei Personen mit oder ohne Sprunggelenksinstabilität.</p> <p>Kein genaues Ausmass des Koordinationstrainings bekannt, da gemessen bei Personen mit Sprunggelenksinstabilitäten, sowie bei Personen ohne Sprunggelenksinstabilitäten. Es ist unklar, ob das Koordinationstraining bei den gesunden Probanden als Prävention vor einem Supinationstrauma wirkt oder bei den bereits Betroffenen als Sekundärprävention.</p> <p>Das Studienziel war, den Zusammenhang zwischen Gender, Behandlungsart und Zeit herauszufinden. Die einzelnen Komponenten waren vergleichbar, jedoch kann man unter den drei keinen Zusammenhang feststellen. Um dies herauszufinden, wäre weitere Forschung notwendig.</p>
<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p> <p>Drei Teilnehmer schieden nach vier Wochen aus, zwei weitere nach acht Wochen. Es wurden keine Angaben zum Grund des Ausscheidens gemacht.</p>

<p>Schlussfolgerungen und klinische Implikationen</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die Praxis? Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p> <p>Weitere Forschung wäre nötig, um herauszufinden, ob ein 12-wöchiges Training eine Koordinationsverbesserung als Kurzzeit- oder Langzeiteffekt hat.</p> <p>Die Wirkung des Zugapparattrainings auf funktionelle Sprunggelenksinstabilität oder Reduktion von Supinationstraumen wurde nicht aufgezeigt.</p> <p>Die zukünftige Forschung in diesem Bereich sollte die Intensität und Länge dieses Training untersuchen, um die Wirkung genau zu erfassen.</p>
---	---

Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien	
©Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998	
McMaster-Universität	
Titel: Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability. Lee, A. J. Y. et al. 2008, Clinical biomechanics	
<p>Zweck der Studie</p> <p>Wurde der Zweck klar angegeben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage?</p> <p>Die Studie untersuchte den Effekt von einem 12-wöchigen Kreiseltraining (BAPS) auf die Haltungsstabilität des Fussgelenkes und die Propriozeption bei Patienten mit unilateraler, funktioneller Fussgelenksinstabilität.</p>

	<p>Die Forschungsfrage korreliert mit dem Ziel der Studie. Trainingsart, Messungen und Population waren ähnlich wie Forschungsfrage.</p>
<p>Literatur</p> <p>Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</p> <p>Eine Studie aus dem Jahr 1995 von Hoffman und Payne habe gezeigt, dass ein 10- wöchiges Kreiseltraining (BAPS) die Haltungskontrolle der Teilnehmer eindeutig verbessert habe. Laut den Autoren habe jedoch bis jetzt keine Studie den Trainingseffekt von einem Kreiseltraining auf die Propriozeption im Sprunggelenk untersucht.</p>
<p>Design</p> <p><input type="checkbox"/> RCT</p> <p><input type="checkbox"/> Kohortenstudie</p> <p><input type="checkbox"/> Einzelfall-Design</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Vorher-Nachher-Design</p> <p><input type="checkbox"/> Fall-Kontroll-Studie</p> <p><input type="checkbox"/> Querschnittstudie</p> <p><input type="checkbox"/> Fallstudie</p>	<p>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprech das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)?</p> <p>Das verwendete Studiendesign wurde nicht erwähnt. Es passt jedoch am ehesten zu einem Vorher- Nachher- Design. Dies ist hilfreich zu einer Beurteilung von einer Behandlungswirkung (BAPS-Training).</p> <p>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen,Bias) die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</p> <p>Sehr kleine Stichprobengrösse. Die Teilnehmer wurden nicht verblindet. Die Tester wurden nicht verblindet.</p>
<p>Stichprobe</p> <p>N= 12</p>	<p>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <p>4 Frauen, 8 Männer, alle mit einer unilateralen funktionellen Fussgelenksinstabilität.</p>

<p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein</p> <p>Wurde die Stichprobengrösse begründet?</p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Entfällt</p>	<p>Vor der Testung wurde sichergestellt, dass kein Teilnehmer einer regelmässigen körperlichen Aktivität nachging oder bereits in einem Rehabilitationsprogramm war.</p> <p>Beruf oder sportliche Aktivität vor dem Start der Studie war unklar.</p> <p>Keine Begründung der Stichprobengrösse.</p>						
<p>Ergebnisse (outcomes)</p> <p>Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p> <p>Waren die outcome Messungen gültig (valide)?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p>	<p>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (vorher, nachher, bei Nachbeobachtungen (pre-, post-, follow-up))</p> <p>Vorher- und Nachhertestung.</p> <p>Mit dem COP wurde die posturale Kontrolle und mit dem Biodex Dynamometer die Propriozeption gemessen. Diese Geräte sind effizient in der Messung der beiden Faktoren.</p> <table border="1" data-bbox="783 1279 1418 1697"> <thead> <tr> <th data-bbox="783 1279 1086 1375">Outcome Bereiche</th> <th data-bbox="1086 1279 1418 1375">Listen Sie die verwendeten Messungen auf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="783 1375 1086 1420">Posturale Kontrolle</td> <td data-bbox="1086 1375 1418 1420">AMTI force plate</td> </tr> <tr> <td data-bbox="783 1420 1086 1697">Propriozeption</td> <td data-bbox="1086 1420 1418 1697">(Messung des COP) Biodex 3 isokinetic dynamometer (Messung des aktiven und passiven Gelenksrepositionssinns)</td> </tr> </tbody> </table>	Outcome Bereiche	Listen Sie die verwendeten Messungen auf	Posturale Kontrolle	AMTI force plate	Propriozeption	(Messung des COP) Biodex 3 isokinetic dynamometer (Messung des aktiven und passiven Gelenksrepositionssinns)
Outcome Bereiche	Listen Sie die verwendeten Messungen auf						
Posturale Kontrolle	AMTI force plate						
Propriozeption	(Messung des COP) Biodex 3 isokinetic dynamometer (Messung des aktiven und passiven Gelenksrepositionssinns)						
<p>Massnahmen</p> <p>Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p>	<p>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der Praxis wiederholt werden?</p>						

<p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <p> <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Nicht angegeben <input type="checkbox"/> Entfällt </p> <p>Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Korrekturen/Interventionen) vermieden?</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben <input type="checkbox"/> Entfällt </p>	<p>Vor dem Training wurden die fünf Übungen den Teilnehmern vorgezeigt.</p> <p>Übungen:</p> <p>Vorwärts und rückwärts Kippung seitwärts Kippung Drehung im Uhrzeigersinn Drehung im Gegenuhrzeigersinn</p> <p>Alle Trainingseinheiten wurden vom selben Prüfer durchgeführt.</p> <p>Trainingsdauer: ca. 20 Min. 3wöchentlich</p> <p>Massnahmen können in der Praxis gut wiederholt werden.</p> <p>Vor der Teilnehmerauswahl wurde sichergestellt, dass die Teilnehmer nicht an einem anderen Rehabilitationsprogramm teilnehmen.</p>
<p>Ergebnisse</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Entfällt <input type="checkbox"/> Nicht angegeben </p>	<p>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? Falls es um viele Ergebnisse ging: Wurde dies bei der statistischen Analyse berücksichtigt?</p> <p>Die Resultate haben einen positiven Trainingseffekt auf die posturale Stabilität gezeigt. Ausserdem wurde auch gezeigt, dass bei Personen mit einer funktionellen Fussgelenksinstabilität durch BAPS-Training der Repositionssinn verbessert wird. Das COP Hauptradius während den Übungen mit offenen und geschlossenen Augen wurde nach dem Training verbessert. Die Gefahr, in einen gefährdeten, traumatisierenden Gelenkwinkel zu kommen, sank.</p>

<p>War(en) die Analyse­methode(n) geeignet?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p> <p><input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p> <p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p> <p><input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p> <p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben</p> <p><input type="checkbox"/> Ja</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Geeignete Analyse­methode: ANOVA</p> <p>Die Resultate dieser Studie auf die posturale Kontrolle waren gleich wie die Resultate in vorhergegangenen Studien. Der aufgezeigte Effekt auf die Propriozeption ist neu.</p> <p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</p> <p>Da es nur eine Trainingsgruppe gab, gab es keine Unterschiede zwischen den Gruppen.</p> <p>Aufgrund der kleinen Teilnehmerzahl ist die Aussagekraft gering und die Übertragbarkeit für die Allgemeinheit nicht möglich.</p> <p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p> <p>Es wurde nicht angegeben, ob Teilnehmer von der Studie ausschieden.</p>
<p>Schlussfolgerungen und klinische Implikationen</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die Praxis? Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p> <p>Auch wenn bewiesen wurde, dass ein 12-wöchiges Kreiseltraining die posturale Kontrolle und die Propriozeption des funktionell instabilen Fusses verbessert hat, ist man sich über die Länge des Trainingsprogramms für die Praxis noch uneinig. Es ist auch schwierig, eine Aussage über den Langzeiteffekt von diesem Training zu machen.</p>

	<p>Deshalb braucht es weitere Forschung um herauszufinden, ob Kreiseltraining (BAPS) einen Effekt auf die posturale Stabilität und die Propriozeption hat.</p>
--	--

Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien	
©Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998	
McMaster-Universität	
Titel: Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability	
McKeon et al. 2008, American College of Sports Medicine	
<p>Zweck der Studie</p> <p>Wurde der Zweck klar angegeben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage?</p> <p>Die Studie möchte die Wirksamkeit eines vierwöchigen Koordinationstrainings auf die statische und dynamische Haltungskontrolle und auf die subjektive Funktion ermitteln.</p> <p>Die Forschungsfrage korreliert mit dem Ziel der Studie.</p>
<p>Literatur</p> <p>Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</p> <p>Trainingsprogramme in früheren Studien könnten das sensomotorische System nicht genügend gefordert haben oder falsche Messungen könnten betrieben worden sein, um die Wirksamkeit von Koordinationstraining auf die statische und dynamische posturale Kontrolle und auf die subjektive Funktion zu beweisen.</p>
<p>Design</p>	<p>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprech das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)?</p>

<input checked="" type="checkbox"/> RCT <input type="checkbox"/> Kohortenstudie <input type="checkbox"/> Einzelfall-Design <input type="checkbox"/> Vorher-Nachher-Design <input type="checkbox"/> Fall-Kontroll-Studie <input type="checkbox"/> Querschnittstudie <input type="checkbox"/> Fallstudie	<p>Ein randomisiertes, kontrolliertes Studiendesign wurde ausgewählt. Dieses Design eignet sich am Besten zur Forschung eines Trainingseffektes.</p> <p>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, Bias) die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</p> <p>Es wurde nicht angegeben wer die Testung durchführte.</p> <p>Die Teilnehmer der Kontrollgruppe durfte dasselbe Aktivitätslevel, das sie vor der Studie hatten, während den vier Wochen beibehalten. Es ist nicht bekannt, was für Aktivitäten sie ausführten.</p>
<p>Stichprobe</p> <p>N= 31</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <p>Wurde die Stichprobengrösse begründet?</p> <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Entfällt	<p>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <p>Interventionsgruppe= 16 Kontrollgruppe= 15</p> <p>Personen, die mehr als ein Supinationstrauma erlitten haben. Im FADI-Test mussten sie 90% der Punkte erreicht haben.</p> <p>Die Stichprobe ist ungenau beschrieben: Beruf oder sportliche Aktivität der Teilnehmer sind unklar. Das Durchschnittsalter betrug 21 Jahre.</p> <p>Die Stichprobengrösse wurde nicht begründet.</p>
<p>Ergebnisse (outcomes)</p>	<p>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (vorher, nachher, bei Nachbeobachtungen (pre-, post-, follow-up))</p> <p>Vorher- und Nachhermessung Unterschied zwischen Gruppen und Zeit wurde gemessen.</p>

<p>Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)?</p> <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben <p>Waren die outcome Messungen gültig (valide)?</p> <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben	<p>Der FADI und FADI Sport hat eine hohe Reliabilität. Diese Tests zeigten auch in der Vergangenheit, dass sie valide sind, um Verbesserungen in der Rehabilitation bei Patienten mit einer chronischen Fussgelenksinstabilität festzustellen.</p> <p>Der SEBT ist auch ein häufig gebrauchter Test. TTB und COP sind zwei bekannte Werte, um auf der Kraftmessplatte die dynamische Stabilität zu messen.</p>	
	<p>Outcome Bereiche</p>	<p>Listen Sie die verwendeten Messungen auf</p>
	<p>Statische posturale Kontrolle</p>	<p>AMTI Kraftmessplatte (COP, TTB)</p>
	<p>Dynamische posturale Kontrolle</p>	<p>SEBT</p>
	<p>Subjektive Funktion</p>	<p>FADI FADI Sport</p>
<p>Massnahmen</p> <p>Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?</p> <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben <p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Nicht angegeben <input type="checkbox"/> Entfällt	<p>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der Praxis wiederholt werden?</p> <p>Die Trainingsgruppe führte ein progressives Koordinationstrainings auf dem Boden aus.</p> <p>5 Verschiedene Übungen: jede Übung hatte 7 Schwierigkeitsstufen Übungen: 1) Sprung und Stabilisierung, 2) Sprung und Stabilisierung und greifen, 3) Sprung zu einem Gegenstand, 4) progressiver Einbeinstand Aktivitäten mit offenen Augen, 5) progressive Aktivität im Einbeinstand mit geschlossenen Augen</p> <p>Trainingseinheit: 3 x wöchentlich</p>	

<p>Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Korrekturen/Interventionen) vermieden?</p> <p> <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Nicht angegeben <input type="checkbox"/> Entfällt </p>	<p>Massnahmen können in der Praxis gut angewendet werden.</p>
<p>Ergebnisse</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Entfällt <input type="checkbox"/> Nicht angegeben </p> <p>War(en) die Analyse(n) geeignet?</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben </p> <p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben </p>	<p>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? Falls es um viele Ergebnisse ging: Wurde dies bei der statistischen Analyse berücksichtigt?</p> <p>Die statische posturale Kontrolle mit geschlossenen Augen in der medio-lateralen Richtung wurde verbessert ($p=0.03$). Mit geschlossenen Augen gab es keine Verbesserung.</p> <p>Die dynamische posturale Kontrolle im SEBT wurde auch verbessert.</p> <p>Springen nach postero-medial: $p=0.01$ Springen nach postero-lateral: $p=0.03$</p> <p>Der FADI ($p=0.3$) und FADI Sport ($p=0.009$) Test zeigt, dass die Patientin nach dem vierwöchigen Training das Fussgelenk als stabiler empfand.</p> <p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</p> <p>Die Studie zeigt, dass Koordinationstraining in der Praxis wirksam sein kann.</p> <p>Das subjektive Gefühl im Sprunggelenk hat sich bei der Trainingsgruppe verbessert.</p>

<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben</p> <p><input type="checkbox"/> Ja</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p> <p>Dies wurde nicht erwähnt.</p>
<p>Schlussfolgerungen und klinische Implikationen</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die Praxis? Welches waren die hauptsächlichsten Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p> <p>Die Forscher glauben, dass progressives Koordinationstraining die Fähigkeit des sensomotorischen Systems verbessern und sensomotorische Defizite ausgleichen kann.</p>

Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien	
©Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998	
McMaster-Universität	
<p>Studie:</p> <p>Six weeks of balance training improves sensorimotor function in individuals with chronic ankle instability.</p> <p>Sefton, J.M. et al. 2011, Journal of orthopaedic & sports physical therapy</p>	
<p>Zweck der Studie</p> <p>Wurde der Zweck klar angegeben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage?</p> <p>Ziel der Studie war, herauszufinden, welcher Effekt ein sechswöchiges Koordinationstraining bei Personen mit und ohne Supinationstrauma hervorbringt. Gemessen wurde die sensomotorische Funktionen (statische Balance, Gelenkpositionssinn, Reizbarkeit eines Motoneurons). Forschungsfrage korreliert mit dem Ziel der Studie.</p>

<p>Literatur</p> <p>Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</p> <p>Viel Forschung über Koordinationstraining als Präventionsmassnahme von einem Supinations-trauma oder zur Verminderung von weiteren Traumen wurde getätigt.</p> <p>Die Forscher erwähnten jedoch, dass die Forschung im Bereich von Koordinationstraining bei Patienten mit chronischer Sprunggelenksinstabilität noch zu ungenau ist.</p>
<p>Design</p> <p><input type="checkbox"/> RCT</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Kohortenstudie</p> <p><input type="checkbox"/> Einzelfall-Design</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Vorher-Nachher-Design</p> <p><input type="checkbox"/> Fall-Kontroll-Studie</p> <p><input type="checkbox"/> Querschnittstudie</p> <p><input type="checkbox"/> Fallstudie</p>	<p>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprech das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)</p> <p>Prospektive Kohorte, will sensomotorischen Effekt des Koordinationstrainings untersuchen. Vorher- und Nachhertestung sowie ein Vergleich der Trainings- und Kontrollgruppe wurde gemacht.</p> <p>Das Studiendesign eignet sich und die Messinstrumente sind standardisiert.</p> <p>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen,Bias) die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</p> <p>Stichprobengrösse ist gering.</p> <p>Die Gruppen wurden nicht verblindet und randomisiert.</p> <p>Die Tester wurden nicht verblindet.</p> <p>Trainiert wurde im Zweibeinstand aber gemessen im Einbeinstand.</p>

<p>Stichprobe</p> <p>N= 21</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein</p> <p>Wurde die Stichprobengrösse begründet?</p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Entfällt</p>	<p>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <p>14 Frauen, 7 Männer Das Durchschnittsalter betrug 21 Jahre. Trainingsgruppe = 12 Personen mit chronischer Sprunggelenksinstabilität, Kontrollgruppe = 9 Personen ohne Sprunggelenksinstabilität.</p> <p>Der Beruf und die sportliche Aktivität der Teilnehmer wurde nicht beschrieben. Die Stichprobengrösse wurde nicht begründet.</p>										
<p>Ergebnisse (outcomes)</p> <p>Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p> <p>Waren die outcome Messungen gültig (valide)?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p>	<p>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (vorher, nachher, bei Nachbeobachtungen (pre-, post-, follow-up))</p> <p>Vorher- und Nachhermessung. Messungen haben das gemessen, was sie messen sollen.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; padding: 5px;">Outcome Bereiche</th> <th style="width: 50%; padding: 5px;">Listen Sie die verwendeten Messungen auf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Dynamische posturale Kontrolle</td> <td style="padding: 5px;">SEBT</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Statische posturale Kontrolle</td> <td style="padding: 5px;">AMTI force plate (Messung des CoP)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">H-Reflex Reizbarkeit</td> <td style="padding: 5px;">Elektroden: postsynaptische Inhibition</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Gelenkspositionssinn</td> <td style="padding: 5px;">Biodex</td> </tr> </tbody> </table>	Outcome Bereiche	Listen Sie die verwendeten Messungen auf	Dynamische posturale Kontrolle	SEBT	Statische posturale Kontrolle	AMTI force plate (Messung des CoP)	H-Reflex Reizbarkeit	Elektroden: postsynaptische Inhibition	Gelenkspositionssinn	Biodex
Outcome Bereiche	Listen Sie die verwendeten Messungen auf										
Dynamische posturale Kontrolle	SEBT										
Statische posturale Kontrolle	AMTI force plate (Messung des CoP)										
H-Reflex Reizbarkeit	Elektroden: postsynaptische Inhibition										
Gelenkspositionssinn	Biodex										

<p>Massnahmen</p> <p>Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p> <p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Nicht angegeben <input type="checkbox"/> Entfällt</p> <p>Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Interventionen) vermieden?</p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Nicht angegeben <input type="checkbox"/> Entfällt</p>	<p>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der Praxis wiederholt werden?</p> <p>Trainingsgruppe führte Koordinationstraining im Zweibeinstand aus. 4 Übungen auf dem Kreisel mit integriertem Murmellabyrinth (Murmel im Labyrinth bewegen benötigt auch Kognition).</p> <p>3x4 Wiederholungen à 3 Minuten</p> <p>3x wöchentlich während 6 Wochen</p> <p>Das Kreiseltraining kann in der Praxis angewendet werden. Die kognitive Aufgabe mit dem Labyrinth erschwert das Training, ist aber eine Möglichkeit des motorischen Lernens.</p>
<p>Ergebnisse</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Entfällt <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p> <p>War(en) die Analysemethode(n) geeignet?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p>	<p>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? Falls es um viele Ergebnisse ging: Wurde dies bei der statistischen Analyse berücksichtigt?</p> <p>Das Signifikanzlevel wurde bei $P = < 0.1$ gesetzt, weil die Stichprobe klein war und darum die statistische Aussagekräftigkeit gering war.</p> <p>ANCOVA = um die statistische Aussagekraft zu verstärken</p>

<p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p> <p><input type="checkbox"/> Nicht angegeben</p>	<p>Trainingsgruppe hatte signifikant verbesserte Leistung im SEBT.</p> <p>Die Resultate ermittelten keine Unterschiede in der statischen Balance: das COP blieb in etwa gleich.</p> <p>Motoneuron Reizbarkeit war grösser in der Trainingsgruppe, das heisst dass die Förderung von motorischen Einheiten gestiegen ist. Es erfolgte eine höhere präsynaptische Inhibition im Einbeinstand ($p=.012$).</p> <p>Gelenkspositionssinn: Trainingsgruppe hatte signifikant weniger Inversionsbewegungen ($p=.017$).</p> <p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</p> <p>Koordinationstraining hat die Motoneuron-Reizbarkeit verbessert und die Rekrutierung von motorischen Einheiten gefördert. Dies ist ein möglicher Ansatz, der die Muskelreaktionszeitverkürzung begründet.</p> <p>Unterschiede sind klinisch von Bedeutung. Alle ausser der statischen posturalen Kontrolle sind signifikant.</p> <p>Koordinationsaufgaben können die sensomotorischen Defizite verbessern, was für die Rehabilitation von chronischen Sprunggelenksinstabilitäten von Bedeutung sein könnte.</p>
--	---

<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben</p> <p><input type="checkbox"/> Ja</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p> <p>Keine Teilnehmer sind ausgeschieden.</p>
<p>Schlussfolgerungen und klinische Implikationen</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die Praxis? Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p> <p>Murmellabyrinth ist eine zusätzliche Förderung der Compliance des Patienten und erhöht die Anforderung.</p> <p>Mit der Steigerung des Motoneuron-Prozentsatzes steigt die Möglichkeit, sich besser an instabile Unterlagen anzupassen.</p> <p>Die Gruppen müssten vergrößert werden und die Dauer des Trainings verlängert, um die Aussagekraft zu erhöhen.</p>