

# Effekte befundorientierter Mobilisation bei Erwachsenen mit chronischer Sprunggelenkinstabilität (CIS) auf die posturale Kontrolle und muskuläre Aktivität – Studienprotokoll einer Pilotstudie

## Effects of Finding-Oriented Mobilization in Adults with Chronic Ankle Instability on Postural Control and Muscular Activity – A Study Protocol of a Pilot Study

### Zusammenfassung

#### Hintergrund

Bei Patienten mit chronischer Sprunggelenkinstabilität (CIS) werden im Praxisalltag neben der Mobilisation des Sprunggelenks auch befundorientierte manualtherapeutische/muskuloskeletale Interventionen an den Fußwurzeln angewendet. Dies bedeutet, dass Mobilisationen im Talokruralgelenk und in den Fußwurzelgelenken erfolgen, in denen Einschränkungen bestehen. Im wissenschaftlichen Setting kommt jedoch immer ein standardisiertes Vorgehen zum Einsatz.

In diesem Kontext wird nur das Talokruralgelenk mobilisiert. Das Vorgehen einer befundorientierten Mobilisation im Talokruralgelenk sowie die Mobilisation der Fußwurzelgelenke, in denen Einschränkungen bestehen, werden nicht mitberücksichtigt.

#### Ziel

Das primäre Ziel dieser Pilotstudie ist die Darstellung der Machbarkeit in Bezug auf den Rekrutierungsprozess, der Adhärenz sowie der Sicherheit des Untersuchungsverfahrens und dessen Durchführung. Das sekundäre Ziel ist die Evaluation von neun Mobilisationen im Talokruralgelenk sowie der Fußwurzelgelenke, in denen Einschränkungen bestehen, über einen Zeitraum von vier Wochen bei Patienten mit CSI auf die posturale Kontrolle und Muskelaktivierung der sprunggelenkumgreifenden Muskulatur und der Oberschenkelmuskulatur.

#### Methode

Für die Cross-Over-Pilotstudie werden mindestens 30 Patienten mit CSI rekrutiert, eingeschlossen und untersucht. Cross-Over-Effekte werden mittels non-parametrischer L-Statistik von Puri & Sen

berechnet. Zu Bestimmung von Behandlungs- und Periodeneffekten dient der nicht parametrische Wilcoxon-Rangsummen-Test.

#### Schlussfolgerungen

Es wird angenommen, dass bei Patienten mit CIS gezielt ausgeführte Mobilisationen im Talokruralgelenk sowie der Fußwurzelgelenke, in denen Einschränkungen bestehen, zu Verbesserungen der posturalen Kontrolle und Muskelaktivierung am betroffenen Bein führen.

### Abstract

#### Background

Well-established manual/musculoskeletal interventions on the ankle joint are used in addition to diagnosis-orientated mobilisation of the tarsal joints in everyday practice in patients with chronic unstable ankle joint. Diagnosis-oriented manual/musculoskeletal intervention means to perform a mobilisation in the talocrural joint and the tarsal joints with existing restrictions. However, this approach is lacking in research settings.

In this context only the talocrural joint is mobilised. The procedure of diagnosis-oriented mobilisation in the talocrural joint and the tarsal joints in which restrictions exist are not taken into account.

#### Objective

The primary aim of this pilot study is the presentation of the feasibility of the recruitment process, adherence and the safety of the investigation process and investigation. The secondary aim is the evaluation of nine mobilisations in the talocrural joint and mobilisations of the tarsal joints in which restrictions exist on postural control and muscle activation of the

flexor muscles and thigh muscles in patients with chronic ankle instability (CAI) for four weeks.

#### Method

This cross-over-design will recruit, include and evaluate a minimum of 30 patients with CAI. Cross-over effects will be assessed using L-Statistic of Puri & Sen. To analyse treatment effects and periodic effects the non-parametric Wilcoxon Rank Sum test will be used.

#### Conclusions

It is assumed that selective mobilisation of the talocrural joint as well as of the tarsal joints with existing restrictions improve muscle activity and postural control of the affected leg in patient with chronic unstable ankle joint.

### Einleitung

Nach einem Distorsionstrauma leiden noch viele Patienten an langfristigen Symptomen [1]. 20 bis 40 % dieser Patienten entwickeln eine chronische Sprunggelenkinstabilität (CSI) [2]. Eine CSI kann in eine mechanische oder funktionelle Instabilität oder eine Mischform klassifiziert werden [3]. Eine mechanische Instabilität wird mithilfe von Röntgenbild und Magnetresonanztomografie bestimmt. Eine mechanische Instabilität ist das Ergebnis einer Fehlstellung der Gelenkpartner im oberen Sprunggelenk. Wikstrom und Hubbard [4] postulierten eine veränderte Talusposition nach anterior während Denegar et al. [5] ein vermindertes posteriores Fibulagleiten aufzeigen. Ein vermindertes posteriores Fibulagleiten führt zu einer reduzierten Dorsalextension im oberen Sprunggelenk (OSG). Dabei erreicht das OSG nicht seine Closed-Packed-Position [3]. Daraus resultiert ein eingeschränktes

Gelenkspiel (keine passive Stabilität) und es werden größere Rotationsbewegungen begünstigt [3]. Dieser Zustand führt zu einer funktionellen Sprunggelenkinstabilität (FSI). Der Begriff „FSI“ ist in der Literatur bislang nicht einheitlich definiert worden.

## Definitionen

Eine FSI zeichnet sich durch wiederkehrende Schmerzen, Schwächegefühl, und eine subjektiv wahrgenommene Instabilität aus [6–8]. Zudem zeigen sich neurophysiologische Regelkreisänderungen, die eine veränderte Propriozeption und mangelnde neurale Erregbarkeiten der fußgelenkumgreifenden Muskulatur [3, 9] sowie eine reduzierte posturale Kontrolle bewirken [3, 10, 11]. Posturale Kontrolle ist definiert als ein Akt des Aufrechterhaltens, Erreichens oder Wiederherstellens des Gleichgewichts während jeder Körperhaltung oder Aktivität [12]. Dabei hat das posturale System die Aufgabe, den Körperschwerpunkt über der Unterstützungsfläche zu halten [13]. Um den Körperschwerpunkt über der Unterstützungsfläche halten zu können, muss eine funktionelle Gelenkstabilität vorhanden sein. Die Bestandteile für die Aufrechterhaltung der funktionellen Gelenkstabilität müssen flexibel und anpassungsfähig sein, da sich die persönlichen und umweltbedingten Anforderungen stetig verändern [14]. Das Beibehalten von funktioneller Gelenkstabilität ist gekennzeichnet durch eine statische und dynamische Komponente. Die statische Komponente wird durch die Spannung von Bändern, Gelenkkapsel und Knorpel gemeinsam mit der knöchernen Ausrichtung innerhalb des Gelenks gewährleistet [14]. Die dynamische Kontrolle geschieht über neuromotorische Innervierung der gelenkrelevanten Muskulatur.

## Physiotherapeutische Behandlungsansätze

Es gibt verschiedene physiotherapeutische Behandlungsansätze bei Patienten mit CSI, wozu auch die passive Gelenkmobilisation zählt [15]. Hoch und McKeon [16] konnten aufzeigen, dass eine einmalige passive Maitland-Grad-III-Mobilisation des oberen Sprunggelenks in antero-posteriore Richtung – von zwei Sätzen à zwei Minuten mit einer Pause von 60 Sekunden – eine Verbesserung der Stabilität im Einbeinstand und der Mobilität in die Dorsalflexi-

on ergibt. In einer weiteren Studie wurde mehrmals eine Mobilisation über zwei Wochen durchgeführt [17]. Dabei konnte zusätzlich eine weitere optimierte Leistung in der dynamischen posturalen Kontrolle ermittelt werden [17]. An sechs Behandlungstagen wurden folgende Mobilisationen durchgeführt: Gelenktraktion des oberen Sprunggelenks nach Maitland Grad II über zwei Sätze à zwei Minuten sowie eine Maitland-Grad-III-Mobilisation des oberen Sprunggelenks über vier Sätze à zwei Minuten. Dabei fixierte eine Hand den distalen Unterschenkel um die Malleolengabel, die andere Hand mobilisierte den Talus in antero-posteriore Richtung. In einer kürzlich erschienenen systematischen Literaturübersichtsarbeit wurde beschrieben, dass Mulligan-Mobilisationen with Movement bei CSI sowohl akute als auch nach drei Wochen signifikante Verbesserungen der posturalen Kontrolle im Vergleich zur Placebobehandlung und zu keiner Behandlung aufzeigen [18].

## Manualtherapeutische Techniken

Neugewonnene neurophysiologische Erkenntnisse werden verstärkt in die Manuelle Therapie übertragen [19]. Manualtherapeutische Techniken können in zwei Wirkungskomponenten aufgeteilt werden [20]: in eine biomechanische Komponente mit dem Fokus auf Arthrokinematik und in eine physiologische Komponente mit multidimensionalem Verhalten [19, 21]. Multidimensionales Verhalten beinhaltet Reflexmodifikationen und auf zellulärer Ebene ein Mechanotransduktionsverhalten.

Folgende Beschreibung verdeutlicht, weshalb manualtherapeutische Behandlungen eine Verbesserung der Muskelaktivierung und der posturalen Kontrolle bei Patienten mit CSI aufgrund einer Reflexmodifikation bewirken. Für die Reflexmodifikation sind unter anderem Rezeptoren in den Gelenken, Muskeln und Sehnen zuständig [22]. Unter nicht pathologischen Bedingungen spielen die Gelenkrezeptoren (Typ-I, Typ-II und Typ-III) gegenüber Muskelspindeln und Golgi-Sehnenkomplex eine untergeordnete Rolle [23]. Dieses Bild verändert sich jedoch nach traumatischen und entzündlichen Gelenkprozessen [24]. Hier werden deutlichere Effekte ausgehend

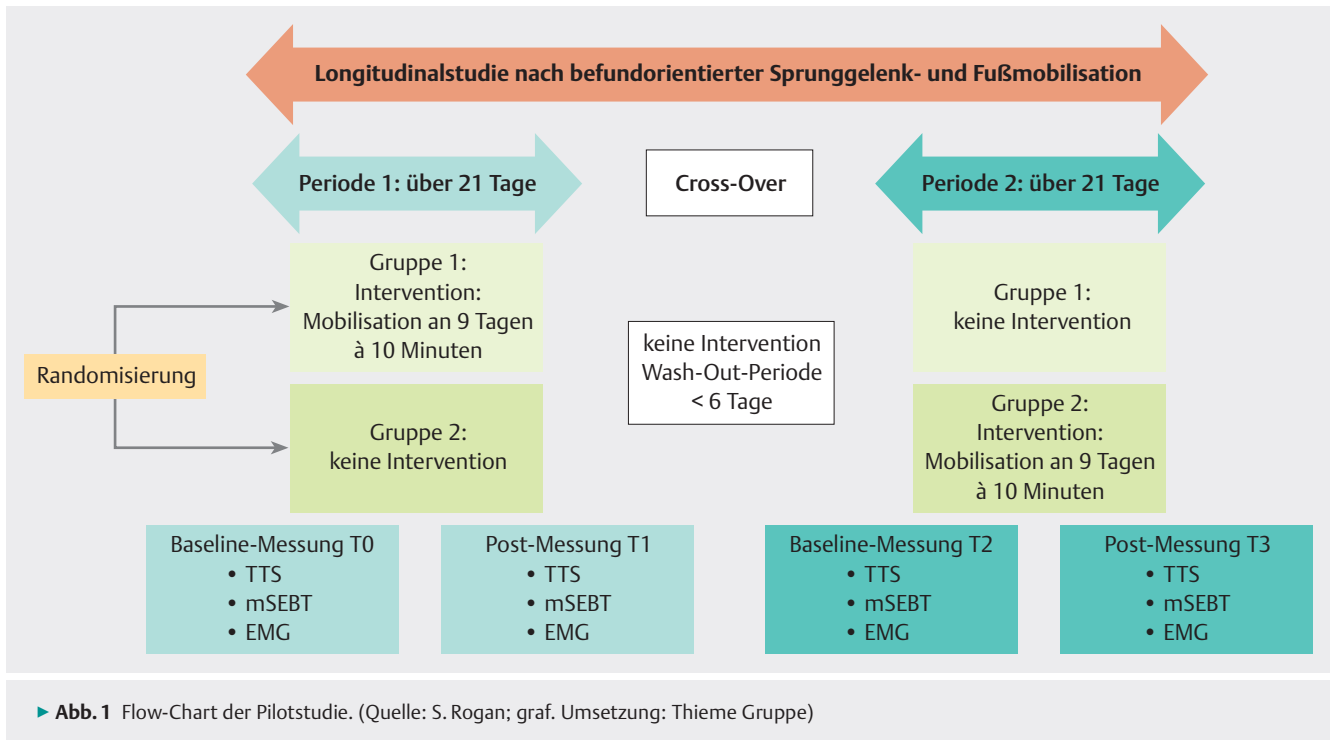
von Gelenkrezeptoren beobachtet. Nach Salo [25] führt ein Verlust der Gelenkrezeptorenaktivität zu einer Reduzierung der Gamma-Motoneuronen-Aktivität. Dieser Zustand führt zu einem Muskelkraftverlust der gelenkumliegenden Muskulatur, woraus eine Gelenkinstabilität resultiert.

Aktuell gibt es nur wenige empirische Erkenntnisse über den Einfluss von passiver Gelenkmobilisation bei CSI auf die Muskelaktivierung und posturale Kontrolle. Im Vorfeld dieser Studie wurde eine Einzelfallstudie durchgeführt [26], welche die Machbarkeit, Sicherheit und Veränderung in der Muskelaktivierung und posturalen Kontrolle bei einem Sprung durch eine passive Gelenkmobilisation aufzeigt.

Bisherige Forschungsergebnisse beruhen auf standardisierten Mobilisationstechniken am oberen Sprunggelenk. Es scheint jedoch für die Praxis relevanter zu sein, wenn befundorientierte Maßnahmen zur Anwendung kommen. Befundorientiert meint das Auffinden von Bewegungseinschränkungen in den Fußgelenken und die anschließende Mobilisation in Richtung der Mobilitätseinschränkung. Um neue Erkenntnisse hinsichtlich der Reflexmodulation von manualtherapeutischen Techniken bei Patienten mit CSI gewinnen zu können, wurde eine Forschungslinie entworfen. Im Rahmen dieser Forschungslinie stehen folgende Fragen im Mittelpunkt: Führen befundorientierte passive Gelenkmobilisationen bei Patienten mit CSI über neun Therapiesitzungen zu Veränderungen der Muskelaktivierung und der posturalen Kontrolle? Können daraus Therapieempfehlungen abgeleitet werden?

## Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden in unserer Forschungslinie eine systematische Literaturübersichtsarbeit [20], eine Einzelfallstudie [26] und zwei Pilotstudien durchgeführt. In der ersten Pilotstudie wird eine standardisierte Sprunggelenkmobilisation mit Mobilisation in antero-posteriore Richtung mit keiner Therapie verglichen. Die zweite Pilotstudie vergleicht eine befundorientierte manualtherapeutische



Mobilisation im Talokruralgelenk in antero-posteriore Richtung sowie Mobilisationen der Fußwurzelgelenke, in denen Einschränkungen bestehen, mit keiner Therapie. Die Pilotstudien dienen unter anderem der Überprüfung der Machbarkeit, der Bestimmung der Stichprobengröße und der Interventionsmethode der nachfolgenden großen Untersuchung. Die Pilotstudie überprüft primär die Machbarkeit einer befundorientierten Mobilisation im Talokruralgelenk in antero-posteriore Richtung sowie Mobilisationen der Fußwurzelgelenke, in denen Einschränkungen bestehen, bei Erwachsenen mit CIS auf die posturale Kontrolle und muskuläre Aktivität. Die Machbarkeit beinhaltet die Evaluation der Programmimplementierung, Studienmethode, Studienablauf und der Studiendaten. Sekundär werden Behandlungseffekte von neun befundorientierten Mobilisationen im Talokruralgelenk in antero-posteriore Richtung sowie Mobilisationen der Fußwurzelgelenke, in denen Einschränkungen bestehen, bei Erwachsenen mit CIS erhoben, ausgewertet und interpretiert, mit dem Ziel, eine Stichprobengrößenberechnung für die kommende große Studie durchführen zu können. Die Interventionsanzahl von N=9 richtet sich dabei an die in der Schweiz übliche ausgestellte physiotherapeutische Verordnungsanzahl.

Das Protokoll ist nach den Leitlinien der Standard Protocol Items Recommendations for Interventional Trials (SPIRIT), die Empfehlungen zur Manuskripterstellung wie Titel, Clinical Trial Register, Hintergrund, Ziel, Methodik, statistisches Verfahren und Ethik geben [27], erstellt worden. In dieser single-assessor-verblindeten, randomisierten kontrollierten Cross-Over-Pilotstudie werden die Probanden in zwei unabhängige Gruppen mit zwei Interventionen und zwei Perioden randomisiert eingeteilt (► **Abb. 1**). Die Randomisierung erfolgt durch eine dritte Assessorin. Die dritte Assessorin erstellt eine Randomisierungsliste durch computergenerierte Zufallszahlen. Die Zufallszahlen werden durch die Assessorin in blickdichte Briefumschläge abgelegt und in einem abgeschlossenen Schrank aufbewahrt. Die Probanden werden randomisiert in zwei unabhängige Gruppen, zwei Perioden und Interventions- oder Kontrollphasen eingeteilt. Gruppe I beginnt in Periode I mit einem Messtag (T0), der als Baselinemessung dient, gefolgt von einer 21-tägigen Interventionsphase, in der an insgesamt neun Interventionstagen eine mindestens acht-minütige befundorientierte Sprunggelenk- und Fußmobilisation durchgeführt wird. Nach der Interventionsperiode erfolgt die Postmessung (T1)

und die Wash-out-Phase von mindestens sechs Tagen. Periode II startet mit Messtag (T2) und einer 21-tägigen Phase, in der keine Intervention erfolgt, anschließend werden die Zielparameter am Messtag (T3) erhoben. Gruppe II beginnt in Phase I als Kontrollarm, in Phase II erhält sie die Interventionen.

Die Untersuchung umfasst Personen, die zwischen 18 und 40 Jahre alt sind und im Kanton Bern leben. Zudem müssen Personen auf dem Fragebogen der Identification of Functional Ankle Instability (IdFAI) einen Score von  $\geq 11$  erreichen und mindestens eine Episode eines „giving way“ im letzten Jahr erfahren haben.

Personen mit folgenden Voraussetzungen werden für eine Untersuchung ausgeschlossen:

- Sie haben Verletzungen an der unteren Extremität (<3 Monate).
- Sie können nicht länger als einen Tag körperlich aktiv sein.
- Sie wurden an der betroffenen unteren Extremität in den letzten 12 Monaten operiert.
- Sie wurden am betroffenen Sprunggelenk operiert.
- Sie weisen neurologische oder peripher vaskuläre Krankheitsbilder auf.

► **Tab. 1** Parameter der Machbarkeitsstudie.

Ziel	Zielparameter	Messmethode	Analysemethode
Programmimplementierung	Teilnehmerakzeptanz	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ausfallquote &lt; 15 %</li> <li>▪ Beteiligung &gt; 85 %</li> </ul>	deskriptive Analyse
	Sicherheit/Risiken	Nebeneffekte mittels Fragebogen	deskriptive Analyse
Studienmethode	Rekrutierung	Anzahl N = 10	deskriptive Analyse
Studienablauf	Untersuchungsdauer	Dauer Messtag T0 bis T4: < 60 Minuten	Inhaltsanalyse
Studiendaten	Datenkonsistenz/fehlende Werte	Daten, die für Analyse benutzt werden können	Inhaltsanalyse

- Sie nehmen Medikamente, die Einfluss auf das Gleichgewicht haben, ein.
- Sie unterziehen sich einer therapeutischen Behandlung an der unteren Extremität und am Rücken (z. B. Physiotherapie oder Osteopathie) während der Studiendauer.
- Sie leiden an einem akuten Infekt oder an Fieber.

## Intervention

In dieser Pilotstudie werden eine befundorientierte Mobilisation im Talokruralgelenk in antero-posteriore Richtung sowie Mobilisationen der Fußwurzelgelenke, in denen Einschränkungen bestehen, über einen Zeitraum von mindestens acht Minuten durchgeführt. Die Dauer der Sprunggelenksintervention ist abhängig von den positiven Befunden/Restriktionen in den Fußwurzelgelenken, die während dem Zehnerstest nach Kaltenborn [28] ermittelt werden. Die Mobilisation erfolgt nach Maitland Grad III [29], wobei das Talokruralgelenk mindestens 4 × 2 Minuten mobilisiert wird [17], um eine Spannungserhöhung zur Aktivierung der Rezeptoren zu erzielen. Jede weitere befundorientierte Mobilisationstechnik an den Fußwurzelknochen erfolgt 1 × 2 Minuten lang.

## Primärer Zielparameter

Gemäß Thabane et al. [30] sowie Rogan und Karstens [31] hängt der Erfolg einer Studie von ihrer Machbarkeit ab. Die Machbarkeit wird durch die Kriterien des Erfolgs bestimmt. Kriterien für den Erfolg geben Informationen, ob und wie es möglich ist, mit einer Hauptstudie fortzufahren (► **Tab. 1**). Die Interpretation einer Machbarkeitsstudie kann folgendermaßen ausfallen: (1) Stopp – die Hauptstudie ist nicht

machbar; (2) eine Fortsetzung erfolgt nur, wenn eine Modifizierung des Studienprotokolls durchgeführt wird, dann ist eine Fortsetzung durch Modifikation machbar; (3) eine Fortsetzung erfolgt ohne Modifikationen, diese wird jedoch mit einer engen Überwachung durchgeführt; (4) eine Fortsetzung ist ohne Modifikationen möglich. In der vorliegenden Pilotstudie werden die Programmimplementierung, die Studienmethode, der Studienablauf und die Studiendaten evaluiert.

## Sekundäre Zielparameter

### Erhebung der posturalen Kontrolle

Die Erhebung der posturalen Kontrolle erfolgt mit Hilfe des Time-to-Stabilization (TTS) nach einem einbeinigen Vorwärtssprung und nach einem einbeinigen Seitwärtssprung. Alle Sprünge werden barfuß durchgeführt. Dabei werden die Hände in den Hüften abgestützt. Neben der Sprungdistanz gibt es folgende Vorgaben für den Sprung: Wahl einer maximalen Sprunghöhe, die noch stabilisiert werden kann; mit Instruktionen bei der Landung auf der Kraftmessplatte so schnell wie möglich über einen Zeitraum von 15 Sekunden stabil zum Stehen kommen [32]. Es werden drei Sprünge von hinten nach vorne über 70 cm und danach drei Sprünge von lateral nach medial über 40 cm durchgeführt. Die Landung erfolgt auf einer Kraftmessplatte (Kistler Quattro Jump, Sindelfingen, Deutschland), welche in den Boden eingelassen ist. Das Vorgehen zur Berechnung der TTS wird nach den Empfehlungen von Franz et al. [32] gewählt. Diese zeigt eine gute Reliabilität (ICC > 0,8) für die Kraftkomponente Z und moderate Reliabilität (ICC 0,6–0,8) für die Kraftkomponenten A–P und M–L. Es werden fünf Probesprünge

pro Sprungrichtung durchgeführt. Direkt im Anschluss erfolgen die Sprünge für die Messung. Zwischen jedem Sprung erfolgt eine Pause von 30 Sekunden.

### Erhebung des dynamischen Gleichgewichts

Die Erhebung des dynamischen Gleichgewichts erfolgt mit Hilfe des Modified Star Excursion Balance Test (mSEBT) [33]. Drei Klebebänder werden auf den Boden zu einer Y-Linie aufgeklebt. Die Testdurchführung erfolgt barfuß und der betroffene Fuß steht im Zentrum des Sterns. Der Malleoli lateralis des betroffenen Fußes bildet dabei den Referenzpunkt. Ziel ist, das nicht betroffene Bein so weit wie möglich nach vorne entlang der Linie zu schieben. Gemessen wird die zurückgelegte Distanz in Zentimetern. Der mSEBT wird 3 × durchgeführt. Der Versuch ist ungültig, wenn sich das Bein von der Linie entfernt oder eine Gewichtsverlagerung ausgeführt wird. Während der Ausführung verweilen die Hände auf der Hüfte und die Augen bleiben geöffnet. Um die Daten zu normalisieren, wird die Beinlänge rechts und links in Rückenlage ausgehend von der Spina Iliaca anterior superior (SIAS) bis zum distalen Ende der medialen Malleoli gemessen [33]. Die Messung der Entfernung erfolgt durch ein Standardmaßband und wird in Zentimetern angegeben. Für jede Reichweite wird der Mittelwert aus den drei Versuchen berechnet und normalisiert. Die Normalisierung wird erreicht, indem die mittlere Reichweite durch die Beinlänge der Person dividiert und dann mit 100 % multipliziert wird [34]. Es zeigt sich eine gute Intra-Rater-Reliabilität und Inter-Rater-Reliabilität mit ICC von 0,87–0,94.

## Erhebung der Muskelaktivierung

Die Muskelaktivierung des M. peroneus longus, M. tibialis anterior, M. soleus, M. gastrocnemius, M. quadriceps femoris und M. biceps femoris bei der Landung nach einem einbeinigen Vorwärtssprung und nach einem einbeinigen Seitwärtssprung werden mithilfe des kabellosen EMG-Systems von Myon 320 erhoben. Die Applikation der bipolaren Elektroden (Ambu® Blue Sensor) erfolgt nach dem Standard von Semian. Die Datenaufarbeitung wird mit der Software Matlab R 2016a (The MathWorks, Inc., Natick, USA) nach den Vorgaben von Fleischmann et al. [35] durchgeführt. Die EMG-Daten werden gefiltert (Butterworth-Bandpass-Filter 10–500 Hz, 2. Ordnung, zero-lag), gleichgerichtet und anschließend die mittlere Aktivität mittels Root-Mean-Square zum Landezeitpunkt für ein Zeitfenster von jeweils 30 ms Dauer berechnet. Es werden sechs Zeitfenster erstellt, beginnend von 30 ms vor der Landung bis 150 ms nach der Landung.

Zur Normalisierung der Werte wird die mittlere Amplitude der Standphase beim Gehen verwendet. Dazu gehen alle Probanden 10× in ihrem frei gewählten normalen Gangtempo über eine Kraftmessplatte. Die Standphase wird definiert als die Zeit vom Fersenauftritt bis zur Zehenablösung. Die Zeitpunkte „Fersenauftritt“ und „Zehenablösung“ werden mit der synchron ermittelten Bodenreaktionskraft bestimmt und mit einem Schwellenwert von 20 Newton festgelegt. Um die 100%ige Muskelaktivität definieren zu können, werden die Mittelwerte der Standphase von zehn Schritten gemittelt [36].

## Statistisches Verfahren

Untersucht werden zwei Ad-hoc-Stichproben von mindestens 30 gesunden Probanden.

Die Probanden werden konsekutiv erfasst, eingeschlossen, mittels Buchstabenkombination (z. B. AAA, AAB, ABA etc.) verschlüsselt, den zwei Gruppen blind randomisiert zugeteilt und im Weiteren durch einen hinsichtlich der Gruppenzugehörigkeit blindierten Tester untersucht.

In einem Cross-Over-Design dient jede Person als ihre eigene Kontrollinstanz. Zuerst erfolgt eine Überprüfung von Cross-Over-Effekten mittels der L-Analyse von Puri & Sen [37]. Hierbei werden die Rohdaten in Ränge umgewandelt. Im nächsten Schritt werden Behandlungs- und Periodeneffekte geschätzt, um eine unverzerrte Schätzung des Therapieeffektes vornehmen zu können [38]. An dieser Stelle werden zuerst für Gruppe I und Gruppe II die Differenzen der Mittelwerte aus Periode I und Periode II separat berechnet. Die Daten werden dann für die Berechnung des Behandlungs- und Periodeneffektes verwendet. Der Behandlungseffekt wird berechnet, indem die Differenzen der Mittelwerte aus Gruppe I und Gruppe II addiert werden. Der Periodeneffekt errechnet sich aus der Differenz der Mittelwerte aus Gruppe I und Gruppe II [38]. Zur Überprüfung von Behandlungs- und Periodeneffekten kommt der Wilcoxon-Rangsummen-Test zu Anwendung [38]. Als Signifikanzniveau wird  $p < 0.05$  festgelegt. Effektgrößen werden für Differenzen innerhalb der Gruppe und zwischen den Gruppen mittels der Formel  $r = Z/N$  berechnet und dargestellt. Dabei gilt  $r = 0,1$  als kleiner Effekt,  $r = 0,3$  als mittlerer Effekt und  $r = 0,5$  als großer Effekt [39].

## Ethik und Verbreitung

Diese Pilotstudie wurde von der Kantonalen Ethikkommission bewilligt (KEK-2016/00320). Alle Probanden erhalten eine schriftliche Einwilligungserklärung und eine Vertraulichkeitserklärung durch einen Studienprüfer. Die Ergebnisse werden in einer Zeitschrift für Physiotherapie veröffentlicht und auf nationalen und internationalen Kongressen präsentiert. Sollten die Ergebnisse nachweisen, dass manualtherapeutische Mobilisationen im Talokruralgelenk in antero-posteriore Richtung sowie Mobilisationen der Fußwurzelgelenke, in denen Einschränkungen bestehen, bei Patienten mit CSI positive Veränderung der posturalen Kontrolle und der Muskelaktivierung der sprunggelenkumgreifenden Muskulatur aufzeigen, dann wäre die Integration dieser Erkenntnisse in den Lehrplänen für Manuelle Therapie und für Physiotherapieausbildung von großer fachlicher Bedeutung.

## Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Autorinnen/Autoren

**Prof. Dr. Slavko Rogan, PT MSc, MSc Osteo, M.A., M.A.**

Berner Fachhochschule, Dept. Gesundheit, Abt. Physiotherapie  
AfiPT, Akademie für Physiotherapie und integrative Trainingslehre  
Lindenrain 4  
3010 Bern  
Schweiz  
slavko.rogan@bfh.ch

**Beatrice Eggertswyler, PT MSc, Stefan Zuber, PT MSc, OMT**

Berner Fachhochschule, Dept. Gesundheit, Abt. Physiotherapie, Bern, Schweiz

**Prof. Dr. Jan Taeymans, MPH, MSc, MSc**

Berner Fachhochschule, Dept. Gesundheit, Abt. Physiotherapie, Bern, Schweiz  
Freie Universität Brüssel, Labor für menschliche Biometrie und Biomechanik, Fakultät für Sport- und Rehabilitationswissenschaften, Brüssel, Belgien

**Dr. Ron Clijsen, PT MSc**

Labor für menschliche Biometrie und Biomechanik, Fakultät für Sport- und Rehabilitationswissenschaften, Freie Universität Brüssel, Belgien  
University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland, Rehabilitation Research Laboratory, Dept. of Business Economics, Health and Social Care, Landquart, Schweiz

**Dr. Patric Eichelberger, MSc**

Berner Fachhochschule, Dept. Gesundheit, Abt. Physiotherapie, Bern, Schweiz

## Literatur

- [1] Anandacoomarasamy A, Barnsley L. Long term outcomes of inversion ankle injuries. *British Journal of Sports Medicine* 2005; 39: e14–e14
- [2] Valderrabano V, Leumann A, Pagenstert G et al. Chronic ankle instability in sports—a review for sports physicians. *Sportverletzung Sportschaden* 2006; 20: 177
- [3] Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *Journal of Athletic Training* 2002; 37: 364
- [4] Wikstrom EA, Hubbard TJ. Talar positional fault in persons with chronic ankle instability.



- Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2010; 91: 1267–1271
- [5] Denegar CR, Hertel J, Fonseca J. The effect of lateral ankle sprain on dorsiflexion range of motion, posterior talar glide, and joint laxity. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2002; 32: 166–173
- [6] Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B. Changes in lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity in subjects with functional instability of the ankle joint during a single leg drop jump. *Journal of Orthopaedic Research* 2006; 24: 1991–2000
- [7] Winningham ME. Clinical Characteristics of Active Individuals with Chronic Ankle Instability. 2016, Electronic Theses and Dissertations. 1420. Im Internet: [www.digitalcommons.georgiasouthern.edu/etd/1420](http://www.digitalcommons.georgiasouthern.edu/etd/1420) (02.09.2019)
- [8] Steib S, Pfeifer K. Beeinträchtigungen der sensomotorischen Kontrolle bei funktioneller Sprunggelenkinstabilität. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* 2015; 153: 253–258
- [9] Harkey M, McLeod M, Van Scoit A et al. The immediate effects of an anterior-to-posterior talar mobilization on neural excitability, dorsiflexion range of motion, and dynamic balance in patients with chronic ankle instability. *Journal of Sport Rehabilitation* 2014; 23: 351–359
- [10] Hubbard TJ, Hertel J. Mechanical contributions to chronic lateral ankle instability. *Sports Medicine* 2006; 36: 263–277
- [11] McCriskin BJ, Cameron KL, Orr JD et al. Management and prevention of acute and chronic lateral ankle instability in athletic patient populations. *World Journal of Orthopaedics* 2015; 6: 161–171
- [12] Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ et al. What is balance? *Clinical Rehabilitation* 2000; 14: 402–406
- [13] Taube W. Neuronale Mechanismen der posturalen Kontrolle und der Einfluss von Gleichgewichtstraining. *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie* 2013; 14: 55–63
- [14] Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of Athletic Training* 2002; 37: 71
- [15] Kooijman MK, Swinkels ICS, Veenhof C et al. Physiotherapists' compliance with ankle injury guidelines is different for patients with acute injuries and patients with functional instability: an observational study. *Journal of Physiotherapy* 2011; 57: 41–46
- [16] Hoch MC, McKeon PO. Joint mobilization improves spatiotemporal postural control and range of motion in those with chronic ankle instability. *Journal of Orthopaedic Research* 2011; 29: 326–332
- [17] Hoch MC, Andreatta RD, Mullineaux DR et al. Two-week joint mobilization intervention improves self-reported function, range of motion, and dynamic balance in those with chronic ankle instability. *Journal of Orthopaedic Research* 2012; 30: 1798–1804
- [18] Westad K, Tjoestolvsen F, Hebron C. The effectiveness of Mulligan's mobilisation with movement (MWM) on peripheral joints in musculoskeletal (MSK) conditions: A systematic review. *Musculoskeletal Science and Practice* 2019; 39: 157–163
- [19] Tal A, Taeymans J, Karstens S et al. Akute Effekte von TH4-Brustwirbelsäulenmobilisationstechniken auf das sympathische Nervensystem – eine Cross-over-Machbarkeitsstudie. *Praxis* 2018; 107: 1139–1146
- [20] Eichelberger P, Zuber S, Taeymans J et al. Auswirkung von befundorientierten manualtherapeutischen Techniken bei chronischer Sprunggelenksinstabilität auf die Muskelaktivität und posturale Kontrolle. *Bad Soden/Taunus: Bundeskongress*. 2018
- [21] Rogan S, Taeymans J, Zuber S et al. Vergleich zwischen der Wirkung von BWS-Mobilisationstechniken in anteriore versus posteriore Schubrichtung auf das sympathische Nervensystem. *physioscience* 2017; 13: 129–132
- [22] Lephart SM, Pincivero DM, Giraido JL et al. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *The American Journal of Sports Medicine* 1997; 25: 130–137
- [23] Sabbahi MA, Fox AM, Druffle C. Do joint receptors modulate the motoneuron excitability? *Electromyography and Clinical Neurophysiology* 1990; 30: 387–396
- [24] Schutte MJ, Happel LT. Joint innervation in joint injury. *Clinics in Sports Medicine* 1990; 9: 511–517
- [25] Salo P. The role of joint innervation in the pathogenesis of arthritis. *Canadian Journal of Surgery* 1999; 42: 91
- [26] Stuker N, Zimmerli T, Jost K et al. Influence de la mobilisation d'une articulation de cheville instable sur l'activité musculaire lors des sauts à cloche-pied. *Kinésithérapie, la Revue* 2017; 17: 115–116
- [27] Chan AW, Tetzlaff JM, Altman DG et al. SPIRIT 2013: new guidance for content of clinical trial protocols. *Lancet* 2013; 381: 91–92
- [28] Frisch H. *Programmierte Untersuchung des Bewegungsapparates: Chirodiagnostik*. Berlin: Springer; 2013
- [29] Bucher-Dollenz G, Wiesner R, Blake R et al. *Therapiekonzepte in der Physiotherapie*. Maitland. Stuttgart: Thieme; 2008
- [30] Thabane L, Ma J, Chu R et al. A tutorial on pilot studies: the what, why and how. *BMC Medical Research Methodology* 2010; 10: 1
- [31] Rogan S, Karstens S. Editorial: Verwendung der Begriffe Machbarkeits- bzw. Pilotstudien. *physioscience* 2018; 14: 1–2
- [32] Franz DP, Huurnink A, de Boode VA et al. The effect of the stability threshold on time to stabilization and its reliability following a single leg drop jump landing. *Journal of Biomechanics* 2016; 49: 496–501
- [33] Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *Journal of Athletic Training* 2012; 47: 339–357
- [34] Gribble PA, Hertel J. Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science* 2003; 7: 89–100
- [35] Fleischmann J, Gehring D, Mornieux G et al. Task-specific initial impact phase adjustments in lateral jumps and lateral landings. *European Journal of Applied Physiology* 2011; 111: 2327–2337
- [36] Baur H, Hirschmüller A, Cassel M et al. Gender-specific neuromuscular activity of the M. peroneus longus in healthy runners – a descriptive laboratory study. *Clinical Biomechanics* 2010; 25: 938–943
- [37] Thomas JR, Nelson JK, Thomas KT. A generalized rank-order method for nonparametric analysis of data from exercise science: a tutorial. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 1999; 70: 11–23
- [38] Schumacher M, Schulgen-Kristiansen G. *Methodik klinischer Studien: Methodische Grundlagen der Planung, Durchführung und Auswertung*. Heidelberg: Springer; 2008
- [39] Corder G, Foreman D. *Nonparametric statistics for non-statisticians. a step-by-step approach*. New Jersey: Wiley; 2009

## Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-1017-7378>

Online-Publikation: 21.10.2019

physioscience

© Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart · New York  
ISSN 1860-3092