

Auswirkungen manueller Techniken auf die Schmerzwahrnehmung und Funktionalität bei Patienten mit Achillessehnenbeschwerden

Dissertation zur Erlangung der Würde des Doktors der Philosophie der Fakultät Fakultät für Psychologie und Bewegungswissenschaft, Fachbereich
Institut für Bewegungswissenschaft der Universität Hamburg

vorgelegt von

Katrin Brück

aus Bremerhaven.

Hamburg, 2016

Datum der Disputation: 24. August 2017

Vorsitz der Prüfungskommission: Prof. Dr. Rüdiger Reer

1. Dissertationsgutachten: Prof. Dr. Klaus-Michael Braumann

2. Dissertationsgutachten: Prof. Dr. Astrid Zech

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund	5
1.1	Epidemiologie von Achillessehnenentzündungen.....	5
1.2	Anatomie und Biomechanik der Achillessehne	6
1.3	Pathogenese von Achillessehnenentzündungen	7
1.4	Funktionelle Ursachen und Folgen von Achillessehnenentzündungen	8
1.5	Allgemeine Behandlungsmaßnahmen bei Achillessehnenentzündung	11
1.6	Effekte von Training und Mobilisation auf die Struktur der Achillessehne	12
1.7	Effekte manueller Therapie auf das muskuloskelettale System und Gelenke.....	17
1.8	Wirkung von Faszientechniken auf das Bindegewebe	20
1.9	Zusammenfassung der Studienlage	22
2	Fragestellung – Zielsetzung – Hypothesen	24
3	Methodik	25
3.1	Studientyp	25
3.2	Probanden/ Probandenanzahl	25
3.3	Ein- und Ausschlusskriterien	25
3.4	Zielparameter	26
3.4.1	Primäre Zielparameter	26
3.4.2	Sekundäre Zielparameter	26
3.5	Messmethodik	27
3.5.1	Schmerzmessung	27
3.5.2	Messung schmerzhafter Funktionseinschränkungen	28
3.5.3	Messung Propriozeption/ Koordination, Balancetest	29
3.5.4	Messung Beweglichkeit/ Flexibilität der Achillessehne.....	30
3.5.5	Messung Kraft bzw. Sprungkraft des Beines.....	31
3.6	Ablauf der Messungen	32
3.7	Randomisierung	33
3.8	Interventionen	34
3.8.1	Manuelle Techniken (Gruppe eins).....	34
3.8.2	Exzentrisches Training (Gruppe zwei).....	37
3.8.3	Kontrollgruppe (Gruppe drei).....	37
3.9	Statistik	38
4	Ergebnisse.....	39
4.1	Study Flow CONSORT-Flussdiagramm	39
4.2	Probandenübersicht und Baseline-Ergebnisse	40
4.2.1	Visuelle Analog Skala Messung	42
4.2.2	Victorian Institute of Sports Assessment Achilles Messung	43
4.2.3	Analog Score Foot and Ankle Messung	44
4.2.4	Balance Error Scoring System Test.....	45
4.2.5	Bennell Test	46
4.2.6	Triple-Hop-Test	47
4.3	Zusammenfassung der Ergebnisse	48
5	Diskussion.....	49
5.1	Allgemeine Diskussion	49

Inhaltsverzeichnis

5.2	Diskussion der Untersuchungsmethoden und Ergebnisse.....	51
5.3	Methodische Limitationen.....	59
6	Zusammenfassung und Schlussbetrachtung	64
7	Abstract	65
8	Literaturverzeichnis.....	67
9	Anhang.....	86
9.1	Abkürzungsverzeichnis	86
9.2	Tabellenverzeichnis.....	89
9.3	Abbildungsverzeichnis.....	90
9.4	Patientenaufklärung	91
9.5	Flow Chart.....	97
9.6	Untersuchungen und Behandlungen im Rahmen der Studie	98
9.7	Musterprotokolle.....	100
9.8	Danksagung.....	110

1 Hintergrund

1.1 Epidemiologie von Achillessehnenentzündungen

Die Achillessehne (tendo achillis) wurde nach dem Held der griechischen Mythologie Achill benannt. Eine Tendinitis der Achillessehne ist im ICD-10 (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems) unter dem Punkt M76.6 gelistet. Dieser Punkt beinhaltet Achillessehnenentzündung, Achillobursitis, Bursitis achillea, Bursitis der Achillessehne, Bursitis subachillea und Tendinitis der Achillessehne (Medcode, 2012). Verletzungen der Achillessehne sind ein im ICD-10 unter dem Punkt S86.0 separat gelistetes Krankheitsbild. Achillessehnenbeschwerden treten gehäuft bei aktiven Patienten mittleren Alters auf, jedoch sind auch Menschen, die einer sitzenden Tätigkeit nachgehen, betroffen (Alfredson, 2003; Maffulli, Wong & Almekinders, 2003). 2006 trieben bereits 60% der deutschen Bevölkerung im Erwachsenenalter aktiv Sport (Deutscher Bundestag, 11. Sportbericht, 2006). Sehnenverletzungen nehmen im Sport durch die Zunahme des Breitensports immer mehr zu und stellen heute bereits insgesamt 30-50% der Sportverletzungen dar (Alfredson, 2003). Die häufigsten Sehnenverletzungen im Bereich der unteren Extremität sind Achillessehnenreizungen und Patallarsehnenreizungen, wobei alleine in den USA von mehreren Millionen Betroffenen ausgegangen wird (Järvinen, Kannus, Paavola, Järvinen, Jozsa & Järvinen, 2001; Park & Chou, 2006). Das multifaktorelle Problem wird besonders bei laufbetonten Sportarten beschrieben (Kannus, Jozsa, Natri & Järvinen, 1997). 16-23% der Sportler leiden mindestens einmal unter einer Achillessehnenreizung. Taunton, Ryan, Clement, McKenzie, Lloyd-Smith und Zumbo dokumentierten 2003 eine Häufung besonders bei Läufern, Ballsportlern, Tänzern und Rückschlagspielern und gingen von einer Prävalenz um 24% aus. Die Fußform (Fields, Sykes, Walker & Jackson, 2010), exzessive Belastung der Sehne unter großem Trainingsumfang (Kader, Saxena, Movin & Maffulli, 2002), schlechte Durchblutung der Sehne (Chen, Rozen, Pan, Ashton, Richardson & Taylor, 2009) und Stellung des Sprunggelenks (Hintermann & Nigg, 1998; Ryan, Grau, Krauss, Maywald, Taunton & Horstmann, 2009; van Ginckel et al., 2009) scheinen eine große Rolle zu spielen. Ein asymmetrisches Abrollbild und die Fehlposition der subtalaren Gelenkachse werden ebenso bei Auslösung von Achillessehnenbeschwerden beobachtet (Arndt, Bruggemann, Koebeke & Segesser, 1999; Kannus et al., 1997), jedoch ist der exakte Entstehungsmechanismus nicht endgültig geklärt (Rees, Wilson & Wolman, 2006). Anhand von elektromyographischen Untersuchungen wird ebenso eine verzögerte neuromuskuläre Ansteuerung im Zusammenhang mit der Entstehung von Sehnenreizungen im Verlauf der Beinachse diskutiert (Cowan, Hodges, Bennell & Crossley, 2002; Schepesis, Jones & Haas, 2002). Risikofaktoren für Achillessehnenentzündungen stellen darüber hinaus frühere Verletzungen, sehr intensives sowie schnelle Steigerungen des Trainings sowie Veränderung des Schuhwerks oder des Trainingsuntergrundes dar (Hirschmüller, 2014; Kjaer, Langberg & Miller, 2005; Taunton et al., 2003). Prädis-

ponierende Faktoren sind ein hoher body mass index (BMI) (Kujala, Ostermann, Kvist, Aalto & Friberg, 1986), ein höheres Lebensalter oder das männliche Geschlecht (Hirschmüller, 2014; Ryan et al., 2009), Diabetes Mellitus und die Einnahme von Medikamenten wie Kortikosteroide, Antibiotika und Anabolika (Hirschmüller, 2014). In Deutschland schätzt man, dass es in Folge von Achillessehnenentzündungen in 16.000-20.000 Fällen sogar zu einem Abriss der Sehne kommt, was ca. 2% aller Sportverletzungen entspricht (Steinbrück, 1999), währenddessen sich die Anzahl der Rupturen früher noch, sicher auch aufgrund der geringeren Anzahl von Breitensportlern, auf 3.628 bezifferte (Arndt, 1976). 75-90 % der Probanden, die eine Ruptur erlitten, hatten vorbestehende Tendinopathien der Achillessehne (Thermann, Hufner, Schratt, Held & Tscherne, 1999).

1.2 Anatomie und Biomechanik der Achillessehne

Sehnen bilden im Allgemeinen eine funktionelle Verbindung zwischen Knochen und Muskel. Eine hohe Zugfestigkeit, Adaptationsfähigkeit und funktionelle Anpassungsfähigkeit sind unerlässlich (Roberts, 2002). Das Sehngewebe verfügt über einen komplexen histologischen Aufbau, welcher einen flüssigen Bewegungsablauf und ein gutes Dämpfen der Muskelkraft ermöglicht. Das Kollagengewebe der Sehne besteht zu 90-95 % aus Tenocyten (weiter differenzierter Fibroblasten), während die restlichen 5-10% aus Chondrocyten, Synoviozyten und glatten Muskelzellen bestehen ((b) Maffulli et al., 2003). Der Wassergehalt einer gesunden Sehne liegt zwischen 60 und 70% (Benjamin & Ralphs, 2000). Der Anteil des sehr robusten Kollagen Typ 1 und Elastin beträgt lediglich 2 % des Trockengewichtes. Diese Faserverteilung sowie die parallele Ausrichtung der Fasern zur Zugrichtung der Sehne führen zu einer hohen Zugfestigkeit. Das Kollagengewebe bildet einzelne Faszikel, in denen Nerven, Blut- und Lymphgefäße geführt werden (Möller, Evans & Maffulli, 2000). Zwischen äußerer Hülle der Sehne (Paratendineum) und der Sehne befindet sich eine kleine Flüssigkeitsschicht, die ein Gleiten der Sehne möglich macht (Zschabitz, 2005).

Die Achillessehne ist die stärkste Sehne des menschlichen Körpers (Järvinen et al., 2001; Maffulli, 1999) und ist der Zusammenfluss von M. gastrocnemius medialis und lateralis und M. soleus, der unterhalb des M. gastrocnemius liegt. In der Gesamtheit nennt man diesen Muskelverbund Triceps surae. Aufgrund des Muskel- Sehnenverlaufes führt der Triceps surae die Plantarflexion und Supination des Sprunggelenkes durch (Wirth & Windhagen, 2000). Der M. gastrocnemius medialis und lateralis flektiert durch seine Funktion als zweigelenkiger Skelettmuskel das Knie- und Fußgelenk. Die Sehnen der drei Muskeln nehmen keinen parallelen Verlauf, sondern drehen sich um ihre eigene Achse (Torquierung). Die Sehne des M. gastrocnemius medialis inseriert lateral und die des M. gastrocnemius lateralis medial am Calcaneus. Die Sehne des M. soleus inseriert posterior, wobei sich ihre Kreuzungsstelle ca. zwei bis sechs Zentimeter oberhalb der Insertionsstelle befindet (Cummings, Ansons, Carr & Wright, 1946). Die Achillessehne weist eine Länge von 11-26 cm im Anteil des M. Gastrocnemius und von 3-11 cm im Anteil des M. soleus auf, währenddessen die

maximale Dicke im oberen Bereich 11 cm beträgt (Del Buono, Chan & Maffulli, 2013). Die Achillessehne wird von der A. tibialis posterior und der A. fibularis versorgt, wobei der Insertionsbereich am Calcaneus nicht vaskularisiert wird.

Die Dehnfähigkeit der Achillessehne beträgt normalerweise 4% beim gesunden Menschen, bevor es zu Mikroeinrissen oder gar einer Ruptur kommt (O'Brian, 2005). Direkte in vivo Kraftmessungen ergaben 9 KN (Kilo Newton) beim Laufen, was dem 3-12,5 fachen, je nach Körperwicht, oder 11,1 KN/cm entspricht. Beim langsamen Gehen wirken ungefähr 2,6 KN, beim Radfahren lediglich 1KN (Fukashiro, Komi, Järvinen & Miyashita, 1995).

Bei der Achillessehne handelt es sich anatomisch betrachtet um eine Zugsehne, funktionell stellt sie aber eine Gleitsehne dar, was für die Pathogenese von Entzündungen wichtig sein kann (Schiebler, 2002). Der Calcaneus bildet ein knöchernes Hypomochlion und die Zugwirkung der Achillessehne wird durch die Plantarfaszie bis auf den Vorfuß übertragen. Das bedeutet möglicherweise unterschiedliche biomechanische Belastungsanforderungen an das Sehnengewebe, abweichende Zugfestigkeiten durch verschiedene Faserverteilungen im Sehnengewebe oberhalb und unterhalb des Hypomochlions. Dadurch sind die häufig auftretenden funktionellen Beschwerden denkbar (Jopp, 2001).

1.3 Pathogenese von Achillessehnenentzündungen

In der Literatur werden für Entzündungen im Bereich der Achillessehne die Begriffe Tendinose, Tendinopathie oder Tendinitis verwendet, wobei zwischen einer Entzündung des Sehnengewebes (Midportion Tendinose, entsprechend dem mittleren Drittel der Sehne), des Sehnengleitgewebes (Paratendinose), der Insertionsstelle am Calcaneus (Insertionstendinose) und einer Bursitis, der Bursitis subachillea, unterschieden wird (Lohrer, 2006). Zudem wird die sogenannte Haglund-Ferse beschrieben, die einen sehr prominenten Tuber calcanei zeigt und häufig mit einem gereizten Sehnenansatz oder einem entzündeten Schleimbeutel einhergeht (Hirschmüller, 2014). Aktuellere Quellen sprechen im Wesentlichen von einer Tendinopathie der Achillessehne, da bereits nach drei Wochen bestehenden Beschwerden histologisch keine Entzündungsreaktion mehr nachzuweisen ist (Hirschmüller, 2014; Lopes, Hespanhol, Yeung & Costa, 2012) und so der Begriff „Tendinitis“ keine korrekte Nomenklatur wäre. Differentialdiagnostisch sind das Tarsaltunnelsyndrom, retrocalcaneare Bursitis, Neuritis des N. suralis, Ruptur der M. tibialis posterior Sehne, Tenosynovitis des M. flexor hallucis longus, Arthritis des Sprunggelenkes, Osteochondrose des Talus, Triggerpunkte im M. soleus, Infektion, Ermüdungsbruch, Plantarfaszitis sowie eine Teilruptur der Achillessehne auszuschließen (Hutchison, Evans, Bodger, Pallister, Topliss, Williams, et al., 2013). Ein Beschwerdebild, welches länger als drei Monate besteht, bezeichnet man im Allgemeinen als chronisch (Henssler, Heinemann, Becker, Ackermann, Wiesemann, Abholz, et al., 2009).

Sportler oder Patienten mit degenerierten und damit funktionseingeschränkten Sehnen sind am häufigsten von Achillessehnentendinopathien, vorzugsweise im midportion Bereich, betroffen. Die Sehne unterliegt zudem einem physiologischen Alterungsprozess, was zu einer verminderten Belastbarkeit führt. Vermehrte Schmerzen sowie erhöhte Rupturgefahr können die Folge sein (Kader et al., 2002). Die Pathogenese diesbezüglich ist derzeit jedoch nicht endgradig geklärt. Der Blutfluss ist, neben dem sehr schlecht vaskularisierten Ansatzbereich im mittleren Bereich der Achillessehne (midportion), ca. 2-7 cm oberhalb der Insertionsstelle am Calcaneus ebenfalls nur schwach ausgeprägt (Cook, Khan & Purdam, 2002). Die unzureichende Sauerstoffversorgung mag eine Ursache degenerierten Sehnengewebes sein (Zantop, Tillmann & Petersen, 2003). Histologisch ist bei der chronischen Achillodynie ein verdicktes Gewebe im Übergang der Sehne zur Hülle und eine Fibroblastenproliferation zu finden (Kvist, 1994). Diese Verdickung scheint sympathische Nervenfasern und freie Nervenendigungen zu komprimieren und den Schmerz somit auszulösen (Ahmed, Lagopoulos, McConnell, Soames & Sefton, 1998). Auch Mikroeinrisse sind möglich. Der parallele Aufbau der Kollagenstruktur verliert sich und der Anteil an gallertartiger Grundsubstanz und neu gebildeten Gefäßen nimmt zu (Kvist, 1994). Freie schmerzleitende Nervenendigungen sprossen vermehrt ein (Knobloch, 2008) und können ebenso eine Erklärung für die subjektiv verspürten Beschwerden sein. Bei Tendinopathien der Achillessehne könnte auch dieser vermehrte kapillare Blutfluss letztendlich zu dieser verstärkten Gefäßneubildung (Neovaskularisation) führen (Mayer, Müller, Hirschmüller, Cassel, Linne & Baur, 2008). Metabolische Prozesse in Sehnen spielen zudem in der Vergangenheit eine weit unterschätzte Rolle und sollten weiterführend untersucht werden (Mayer et al., 2008).

1.4 Funktionelle Ursachen und Folgen von Achillessehnenentzündungen

Insgesamt zeigt eine Achillessehnentendinopathie neben lokalen biochemischen Veränderungen auch Auswirkungen auf die gesamte Beinkette, vom Becken bis zum Fuß, des Probanden. Der gesamte, die Achillessehne umgebene Bewegungsapparat, mit dem Muskelskelettsystem und dem Nerven- und Gefäßsystem sind mit betroffen. Funktionelle Ursachen sind vor allem im Bereich des Sports vielfältig erforscht und zeigen auch Zusammenhänge zu angrenzenden Körperregionen wie z.B. die Plantarfaszie (Bisiaux & Moretto 2008; Stecco, Corradin, Macchi, Morra, Porzionato, Biz, et al., 2013; Weist & Rosenbaum, 2004). Ermüdung eines Muskels führt zu einer geringeren Übertragung der Kraft von einem Muskel auf seine Sehne, so dass es zu Mikrotraumen in der Sehne durch eine erhöhte Zugbeanspruchung kommen kann (Leadbetter, 1992). Das Größenverhältnis der Sehne zum Muskel zeigt sich mit 125:1 zudem im Bereich der Achillessehne als extrem groß. Dieses Verhältnis beträgt im übrigen Körper durchschnittlich 50:1, so dass auf die Achillessehne starke Zugkräfte wirken. Diese Tatsache bietet eine sehr ungünstige Voraussetzung für die Ausbildung von Beschwerden an der Achillessehne (Gaida, Alfredson, Kiss, Wilson, Alfredson & Cook,

2009). Durch eine Achillessehnentendinopathie und die damit verbundenen Schmerzen kommt es bei den Probanden sowohl in der Konzentrik (Widerstand überwinden) als auch in der Exzentrik (fall-verhindernd, einem Widerstand entgegenwirkend) zu einer Kraftminderung. Ebenfalls ist die Sprungleistungsfähigkeit eingeschränkt (Gaida, Cook, Bass, Austen & Kiss, 2004; Hirschmüller, Baur, Müller & Mayer, 2005; Silbernagel, Gustavsson, Thomeé & Karlsson, 2006).

Haglund-Akerlind und Eriksson stellten 1993 mit Hilfe eines isokinetischen Gerätes (dynamisches Trainings- und Testgerät, welches mit festgesetzten Winkelgeschwindigkeiten arbeitet und der Proband über die aufgebrachte Krafterleistung den Widerstand selbst bestimmt) statistisch signifikant geringere Drehmomente bei den betroffenen Läufern fest, so dass nicht nur Maximalkraft und Sprungkraft, sondern auch Drehmomentgeschwindigkeiten bei Probanden mit Achillessehnentendinopathie abgeschwächt sind. Die myoelektrische Aktivität bei aktiver maximaler isometrischer Plantarflexion haben Masood, Kallokoski, Bojsen-Møller, Magnusson & Finni, 2014 bei asymptomatischen und symptomatischen Probanden mit Achillessehnentendinopathie getestet. Die Messungen ergaben am symptomatischen Bein eine höhere Aktivität des M. soleus im Vergleich zum asymptomatischen Bein, was mit einer höheren Glucoseaufnahme zusammenzuhängen scheint. Dasselbe elektromyographische Ergebnis zeigte sich am M. flexor hallucis longus. Probanden mit Achillessehnentendinopathie zeigten im M. gluteus max. und med. eine verzögerte neuromuskuläre Kontrolle beim Laufen (Frantovich-Smith, Honrywill, Wyndow, Crossley & Creaby, 2014), so dass von einer Beeinträchtigung der gesamten Beinkette bei einer Achillessehnentendinopathie auszugehen ist. Die EMG Aufzeichnung fand während der muskulären Aktivität, im Moment des Aufsatzes, und ohne Aktivität bei symptomatischen (n=14) und asymptomatischen Läufern (n=19) mit ähnlichem Alter, Größe und Gewicht statt. Während der Aktivität und ohne Belastung wies der M. gluteus max. eine Verzögerung beim Fersenaufsatz auf, wohingegen der M. gluteus med. keinen Gruppenunterschied zwischen den symptomatischen und asymptomatischen Probanden zeigte. Die Laufbiomechanik veränderte sich im Sinne einer Hüftadduktion und / oder einer Innenrotation, die kinematische Kette setzte sich fort in eine Innenrotation der Tibia und eine vergrößerte Eversion des Rückfußes. Andere Autoren beschäftigten sich zuvor bereits mit diesen kinematischen Ketten (Karandikar & Vargas, 2011; Wilson, Kernozek, Arndt, Reznichuk & Straker, 2011). Diese Studien zeigen, dass neuromuskuläre Kontrolle der Gluteal-, Bein- und Fußmuskulatur für die Behandlung von Achillessehnentendinopathien von großer Bedeutung ist.

Kaufmann, Brodine, Shaffner, Johnson und Cullison führten 1999 eine Studie mit 449 Probanden durch, die die Beziehung zwischen Struktur des Fußes und einer Neigung zu Achillessehnenreizzuständen deutlich machen sollte. Es wurde eine statische (bony arch index) als auch eine dynamische (plantare Druckverteilungsmessung) Messung des Längsgewölbes zum einen barfuß, zum anderen mit Militärstiefeln durchgeführt. Es wurde deutlich, dass die Entwicklung einer Tendinopathie der Achillessehne statistisch signifikant abhängig von einer vermehrten Inversion (Supination, Plantarflexion und Adduktion zusammen) des Fußes ist. Zudem zeigten sich bei den Probanden

mit einer Tendinopathie eine verminderte Knieextension sowie eine eingeschränkte Dorsalextension im oberen Sprunggelenk. Getestet wurde statisch im Stand und dynamisch im Gehen. Segesser, Nigg und Morell untersuchten hingegen in ihrer Studie 1980 die Ursachen einer chronischen Achillessehnentendinopathie und fanden Hinweise, dass ein Zusammenhang zwischen einer Instabilität, möglicherweise durch vorausgegangene Bandverletzungen, im oberen und unteren Sprunggelenk als auch eine Überpronation besteht. Durch die verstärkte Pronation kommt es zur größeren Vorfußbelastung beim Laufen. Dadurch überträgt sich die Körperlast vermehrt auf die Achillessehne (Bisiaux & Moretto, 2008; Weist & Rosenbaum, 2004). 2012 zeigten Lersch, Grötsch, Segesser, Koebe, Brüggemann und Potthast hingegen in einer Untersuchung, dass Veränderungen der Position des Calcaneus in Inversion oder Eversion zu einer intratendinösen Spannungserhöhung bis zu 15% führen. Der M. triceps surae wies eine Erhöhung von 2,5% auf. Insgesamt betrachtet scheint eine optimale Abrollbewegung des Fußes das Risiko einer Achillessehnentendinopathie zu senken.

Strukturell konnten Stecco et al. (2013) zeigen, dass eine deutliche Korrelation zwischen einer Achillessehnentendinopathie und einer Plantarfasziendickung besteht, was die Überlegungen von Bisiaux und Moretto 2008 sowie Weist und Rosenbaum 2004 bestätigen können. 52 Probanden wurden mit einem Magnetresonanztomographiegerät untersucht. 27 der 52 Probanden zeigten eine Entzündung der Achillessehne; deren Plantarfaszie wies eine Dicke von $3,43 \pm 0,48$ mm auf. Bei den asymptomatischen Probanden fand sich eine Dicke von $2,09 \pm 0,24$ mm. Das entspricht einer vermehrten Verdickung bei den symptomatischen Probanden von 61% (Stecco et al., 2013). Im Zuge der Olympischen Sommerspiele in London 2012 wurde ebenfalls eine Untersuchung durchgeführt, die belegte, dass chronische Achillessehnenreizungen eng mit einer chronischen Plantarfaszitis zusammenhängen (Elias, Carne, Bethapudi, Engebretsen, Budgett & O'Connor, 2013). Die meisten Achillessehnenreizungen waren im distalen Anteil der Achillessehne zu finden, während sich die Plantarfaszitis im zentralen Teil der Faszie zeigte. Eine verdickte Plantarfaszie und die Reizung der Achillessehne scheinen sich gegenseitig negativ zu beeinflussen, wobei offen bleibt, ob die Tendinopathie hierbei eher Ursache oder Folge ist (Elias et al., 2013; Stecco et al., 2013). Dies zeigt die funktionelle Einheit zwischen Achillessehne und Plantarfaszie sowie den oben beschriebenen Ansatz, die gesamte Beinkette zu betrachten. Möglicherweise korrelieren die Beschwerden dieser beiden Strukturen auch durch die biomechanische Differenzierung der Zug- und Gleitsehne in diesem Bereich (Jopp, 2001). Campanelli, Fantini, Faccioli, Cangemi, Pozzo & Sbarbati (2011) erforschten zudem die Bedeutung der Beweglichkeit des Fersenpolsters als Schutz tieferer Gewebeschichten sowie dem Calcaneus, der Plantarfaszie und dem Achillessehnenansatz.

1.5 Allgemeine Behandlungsmaßnahmen bei Achillessehnenentzündung

Die konservativen Behandlungsansätze zur Behandlung einer Achillessehnentendinopathie sind vielfältig. Sie umfassen Medikamente, lokale Steroidinfiltrationen, Orthesen, Wärme- und Eistherapie, Ultraschall- und Elektrotherapie, Dehnung, Koordinations- und Propriozeptionstraining, exzentrisches Training und Belastungsreduktion (Alfredson & Cook, 2007; Mayer & Dickhuth 2002; Rees et al., 2006). Durch eine häufig sehr langwierige Behandlung von mindestens sechs Monaten unter dem Einsatz von verschiedenen, auch Kombinationstherapien, entstehen oftmals hohe Kosten (Mayer & Dickhuth, 2002). Optional ist bei erfolgloser konservativer Therapie die Durchführung einer Operation möglich, die in der Regel ein Debridement mit Entfernung des nekrotisierten Gewebes beinhaltet (Mayer & Dickhuth, 2002). Ein operativer Eingriff sollte die letzte therapeutische Intervention darstellen (Andres & Murrell, 2008). McLauchlan und Handoll untersuchten 2011 in ihrem Review die Wirkungsweisen vieler Therapien wie orale Therapien, verschiedene Behandlungsprogramme, Veränderungen der Trainingssteuerung, Einlagenversorgung wie auch operative Verfahren. Neun Studien mit insgesamt 697 Probanden mit akuten und chronischen Beschwerden, männlich sowie weiblich, wurden einbezogen. Keine der therapeutischen Intervention zeigte einen statistisch signifikanten anhaltenden Effekt auf die Schmerzen der Probanden. Einen positiven Trend bezogen auf den Schmerz der Teilnehmer zeigten nichtsteroidale Antiphlogistika (NSAP), niedrig dosiertes Heparin, Einlagen zur Fersenerhöhung, Lasertherapie und Steroid- Injektionen. Gill, Gelbke, Mattson, Anderson und Hurwitz beschreiben jedoch 2004 die Gefahr von Sehnennekrosen oder auch Spontanrupturen nach Infiltrationen von Kortikosteroiden direkt in die Sehne. Zudem führt diese Intervention nur zu einer kurzfristigen Linderung der Beschwerden (Smidt, Assendelft, van der Windt, Hay, Buchbinder & Bouter, 2002). In Bezug auf Orthesen scheint die Ruhigstellung der Sehne nur bei der Bursitis calcanei empfehlenswert (Andres & Murrell, 2008). Einlagen, die das Längs- und Quergewölbe des Fußes stützen und die Beinachse korrigieren, sind laut Nigg, Nurse und Stefanyshyn (1999) bei bewegungsabhängigen Verletzungen empfehlenswert, da sich skelettale Bewegungen dadurch optimieren lassen. Zudem spekulieren Nigg et al. (1999), dass über diese Versorgung ein „sensorischer Input“ über die Fußsohle weitergeleitet wird und Vibrationen gedämpft werden können. Die Schuhsohle würde gemäß den Autoren wie ein erster, die Einlage wie ein zweiter und die Plantarfaszie wie ein dritter Dämpfer wirken. Eis- oder Wärmeapplikationen konnten keinen positiv anhaltenden Effekt auf die Reduktion von Schmerzen bei einer Achillessehnenreizung bewirken (Woodley, Newsham-West & Baxter, 2007). Allerdings konnten Chen, Wu, Yu, Jiao, Ao, Yu, C., et al. (2011) in ihrem Tiermodell an Achillessehnen von Ratten zeigen, dass es durch zehnmaliges Einfrieren und Wiederauftauen der Sehnen zu einer erhöhten Maximalbelastung dieser kommt. Steifheit, maximale Kraft und Elastizität veränderten sich nicht signifikant. Kubo, Kanehisa und Fukunago fanden 2005 durch ihre Messung per Ultraschall bei einer passiven Bewegung des oberen Sprunggelenkes zwischen +15 und -30° bei vorheriger Wärme- bzw. Kälteanwendung keine Verlängerung der Muskelfaszikel des M. gastrocnemius, des

Muskelsehnenüberganges oder der Achillessehne. Die Mechanik einer Sehne scheint allerdings durch lokale Wärmeapplikation beeinflussbar zu sein. Die Flexibilität von Sehnen und Bändern insgesamt zeigte sich hierdurch gegenüber Kälteapplikation kurzfristig um ca. 25% verbessert (Petrofsky, Laymon & Lee, 2013). Die elektrotherapeutische Anwendung Iontophorese (ein Medikament wird mittels Strom oder Ultraschall eingebracht) oder die Querfriktion (lokale punktuelle Massage) konnte keine Reduktion der Schmerzen herbeiführen (Andres & Murrell, 2008). In Bezug auf die extrakorporale Stoßwellentherapie, bei der eine Serie von Niedrigenergiewellen mittels pneumatischen Drucks direkt auf das schmerzhafteste Gebiet der Sehne abgegeben wird, fanden Andres & Murrell (2008) ebenso keine schmerzlindernden Effekte. Moretti, Garofalo, Genco, Patella und Mouhsine (2005); Hsu, C.J., Wang, Tseng, Fong, Hsu, H.C. und Jim (2008) und Rompe, Nafe, Furia und Maffulli (2007) konnten jedoch positive Effekte belegen, so dass die Datenlage zu der Anwendung von extrakorporaler Stoßwellentherapie inkonklusiv ist. Möglicherweise könnte die lokale Stoßwellentherapie bei der Ansatzsehnenentendinopathie der Achillessehne signifikante Ergebnisse zeigen (Rompe, Furia & Maffulli, 2008). Dehnung scheint keinen therapeutischen Einfluss auf das Krankheitsbild der Achillessehnenentendinopathie zu haben. Toft, Sinkjaer, Kalund & Espersen stellten 1989 fest, dass sich der M. triceps surae Komplex nach einer Dehnung von 300 Sekunden zwar um 22,7% relaxiert, dieser Zustand aber nur von kurzer Dauer ist. Die zweimal tägliche Dehnung von einer Stunde über drei Wochen führte zu keiner anhaltenden Veränderung der Viskoelastizität des M. triceps surae.

Insgesamt betrachtet existiert zur Behandlung der Achillessehnenentendinopathie in der Medizin noch keine Leitlinie oder ein Goldstandard (Carcia, Martin, Houck & Wukich, 2010). Es liegen lediglich vereinzelte Ansätze vor, Wirkmechanismen verschiedener Therapien zu untersuchen. Präventiv sind eine optimierte Einlagenversorgung, die Vermeidung muskulärer Dysbalancen, Koordinationstraining sowie eine optimierte Trainingssteuerung zu überlegen (Mayer & Dickhuth, 2002).

1.6 Effekte von Training und Mobilisation auf die Struktur der Achillessehne

Erste Forschungen in Bezug auf die Auswirkungen von Training auf Sehngewebe wurden bereits 1945 von Inglemark durchgeführt. Er untersuchte Ratten, die 31 Wochen täglich 700 m auf einem Laufband liefen, und stellte fest, dass sich während des Trainings der Sehnenquerschnitt der Achillessehne um 25% vergrößerte. Zudem verdichtete sich das Kollagengewebe der Sehnen, währenddessen aber keine Verlängerung der Sehne zu beobachten war. Auch Kiiskinen und Heikkinen (1973), Sommer (1987) und Zamora und Marini (1988) konnten später die positiven Effekte von Training auf eine reguläre Struktur der Achillessehne bei Tieren nachweisen. Auch beim Menschen scheinen sich Sehnen durch Trainingsmaßnahmen zu verdicken und die funktionelle Adaptationsfähigkeit verbessert sich. Dadurch werden sie widerstandsfähiger gegen mechanische Belastungen und damit reißfester (Maffulli, 1999). Tipton, Vailas und Matthes zeigten 1986 auf der

anderen Seite, dass sich durch Immobilisation die Zugbelastbarkeit, die Elastizität sowie das Sehnen-gewicht reduzieren. Kollagenfasern werden, betrachtet unter dem Elektronenmikroskop, dün-ner. Intensives Training kann zudem zu einer Hyperthermie im schlecht vaskularisierten Sehnen-gewebe kommen und ab einer Temperatur der Sehne oberhalb von 42,5° C kommt es zum schmerzhaften Absterben von Fibroblasten (Wilson & Goodship, 1994).

Der Bereich des exzentrischen Trainings des M. triceps surae ist reichhaltig untersucht und zeigt nach täglichem dreimonatigen Training signifikante Ergebnisse auf die Schmerzreduktion bei Pro-banden mit Achillessehnentendinopathie (Alfredson, Pietilä, Jonsson & Lorentzon, 1998; Mafi, Lor-entzon & Alfredson, 2001; Silbernagel, Thomeé R., Thomeé P. & Karlsson, 2001; Stanish, Rubino-vich & Curwin, 1986). Öhberg & Alfredson (2004) fanden bei ihrer Untersuchung an 31 chronisch entzündeten Achillessehnen mittels Farbdopplerultraschall heraus, dass die Achillessehne vor dem Training eine irreguläre Faserstruktur sowie eine erhöhte Neovaskularisation zeigt. Die Neovasku-larisation löste sich in der Regel in der neunten bis elften Woche des exzentrischen Trainings nachhaltig auf. Alfredson (2014) vermutet, dass durch das exzentrische Training zunächst „Verkle-bungen und Verwachsungen“ im Übergang zwischen Sehne und Fettgewebe aufbrechen und es dann nachhaltig zu einem verbesserten Gleiten der Sehne im Paratendineum kommt. In späteren Studien konnte ebenfalls unter einer farbdopplersonographischen Untersuchung beim Menschen eine physiologische Sehnenstruktur und eine positiv zu bewertende verminderte Neovaskularisa-tion und somit weniger Kompression auf Nervenfasern gezeigt werden (Öhberg, Lorentzon & Alf-redson, 2004).

Zur besseren Übersicht wird die nachstehende Tabelle aufgeführt, die Studien nach der Trainings-phase von 12 Wochen zeigt.

Tabelle 1: Überblick randomisiert kontrollierter Studien zum exzentrischen Training

Autor	Studiendesign	Fallzahl	Intervention	Statistische Analysen und Messparameter	Outcome
Alfredson et al. 1998	CT	30 Probanden	A: Konzentrisches Training B: 12 Wochen exzentrisches Training, zweimal täglich, 3x15 gebeugtes und gestrecktes Knie	VAS	VAS Gruppe A: -70% Gruppe B: -94%
Fahlström et al. 2003	CT	78 Probanden (101 Sehnen)	A: Probanden mit Insertionsbeschwerden, Exzentrisches Training, 3x15, 2x tgl., gebeugtes und gestrecktes Knie, 12 Wochen B: Probanden mit Midportionbeschwerden, Intervention wie Gruppe A	VAS	VAS Gruppe A: -27% Gruppe B: -85%
Rompe, Nafe, Furia, Maffulli 2007	RCT	75 Probanden (Midportion tendinopathie)	A: Exzentrisches Training, 3x15, 2x tgl., gebeugtes und gestrecktes Knie, progressiv, B: 12 Wochen Stoßwellentherapie C: Keine Intervention	VAS	VAS Gruppe A: -43% Gruppe B: -43% Gruppe C: -25%
Norregaard, Larsen, Bieler, Langberg 2007	RCT	84 Probanden	A: 43 Probanden Exzentrisches Training 2xtgl 3x15, 7 Tage 12 Wochen, gebeugtes und gestrecktes Knie, mit Schmerzen, B: 41 Probanden Dehnung 12 Wochen, 5x30 Sek.	VAS	VAS Gruppe A: -38%

Autor	Studiendesign	Fallzahl	Intervention	Statistische Analysen und Messparameter	Outcome
Mafi et al. 2001	RCT	44 Probanden	A: Exzentrisches Training, 2x tgl., 3x15, gebeugtes und gestrecktes Knie, mit Schmerzen, 12 Wochen B: Konzentrisches Training von Plantarflexion im Langsitz, Stand, Step-up, bis Seilspringen, gebeugtes und gestrecktes Knie, 12 Wochen	VAS	VAS Gruppe A: -83% Gruppe B: -86%
Knobloch, Kraemer, Jagodzinski, Zeichen, Meller, Vogt 2007	RCT	20 Probanden	A: 15 Probanden Exzentrisches Training bilateral, 1x tgl., 3x15, langsam mit Schmerzen, 12 Wochen B: 5 Probanden Eisanwendung (10 min) und Ruhe	VAS	VAS Gruppe A: -48% Gruppe B: -31%
Rompe, Furia, Mafulli 2008	RCT	50 Probanden (Insertions-tendinopathien)	A: Exzentrisches Training, 3x15, 2x tgl., gebeugtes und gestrecktes Knie, progressiv, B: 12 Wochen Stoßwellentherapie	VAS	VAS Gruppe A: -29,6% Gruppe B: -57,3%
Knobloch 2008	RCT	118 Probanden	A: exzentrisches Training 12 Wochen 3x15 (n = 64) B: exzentrisches Training mit Air-Heel Schiene (n = 54)	VAS	VAS Gruppe A: -34,6% Gruppe B: -37,3%

Die Studienlage zeigt für das exzentrische Training einige signifikant positive Ergebnisse, vor allem für die Midportion Tendinopathien im Bereich der Achillessehne. Betrachtet man die Gesamtergebnisse, stellt man fest, dass es insgesamt zu einer Verbesserung zwischen 27 und 94 % der Beschwerden kommt. Bei dem durchgeführten exzentrischen Training handelte sich in der Regel um das Alfredson Originalprogramm (Alfredson et al., 1998; Alfredson, 2014; Mafi et al., 2001; Norregaard, Larsen, Bieler & Langberg, 2007; Rompe et al., 2007; Rompe et al., 2008), bei dem 3x15 Wiederholungen exzentrischer Muskelarbeit auf einer Treppen- oder Trittstufe mit gestrecktem Knie sowie 3x15 Wiederholungen mit leicht gebeugtem Knie (ca. 30°) durchgeführt werden (Abbildungen im Anhang). Die Übungen wurden zweimal täglich als Heimübungsprogramm für 12 Wochen durchgeführt. Die Übungen auf der Stufe verliefen häufig zunächst schmerzhaft und Alfredson berichtet sogar über eine vorübergehende Verstärkung der Schmerzen (Alfredson, 2014). Er beschreibt wenige Risiken bei dieser Trainingsform für die Probanden, allerdings sollten teilrupturierte Patienten diese Trainingsform meiden, da sich Sehnen verlängern oder gar reißen könnten (Alfredson, 2014). Die Ergebnisse in Hinblick auf die Schmerzreduktion scheinen insbesondere bei Probanden mit einer verdickten Plantarfaszie oder bei einer Insertionstendinopathie mit oder ohne Haglund Ferse schlechter auszufallen (Fahlström, Jonsson, Lorentzon & Alfredson, 2003). Vor allem im Bereich des Sehnenansatzes liegt der Grund hierfür möglicherweise in der fehlenden Vaskularisierung dieses Insertionsbereichs am Calcaneus (Zantop et al., 2003). Die Probanden, die an einer Insertionstendinopathie leiden, komprimieren nach Alfredson (2014) die Bursa subachillea zwischen Calcaneus und der distalen Achillessehne, so dass es durch dieses Impingement häufig zu anhaltenden Beschwerden kommen kann. Dieser Probandengruppe empfiehlt Alfredson (2014) das Absenken der Ferse nur bis 90° Flexion im oberen Sprunggelenk, um eine wiederholte respektive übermäßige Kompression der Bursa zu vermeiden.

Zusammenfassend kann aufgrund der mehrfach beobachteten positiven Ergebnisse der Therapieform des exzentrischen Trainings gesagt werden, dass es sich hierbei derzeit um einen der erfolgversprechendsten Ansätze der Behandlung der chronischen Achillessehnentendinopathie handelt. Einschränkend zu erwähnen ist, trotz der signifikanten Ergebnisse, die dieses Training mit sich bringt, das lange Zeitfenster von zumeist eigenständigem Training, welches für viele Sportler eine unbefriedigende Lösung darstellt (Saxena, 2000). Somit könnten vermehrt schneller wirksame Therapieverfahren, die optimalerweise therapeutisch begleitet werden, in den Focus der wissenschaftlichen Forschung gestellt werden. Weiterhin ist das exzentrische Training nach Alfredson nicht prophylaktisch, also zur Vermeidung der Entstehung von Beschwerden an der bis dahin gesunden und beschwerdefreien Achillessehne, einsetzbar (Alfredson, 2014).

1.7 Effekte manueller Therapie auf das muskuloskeletale System und Gelenke

Osteopathen, Chiropraktiker und Physiotherapeuten bedienen sich weltweit high velocity- low amplitude (HVLA) Manipulationstechniken zur Behandlung von muskuloskelettalen Beschwerdebildern (Ernest, 2006; Maigne & Vautravers, 2003). Hierbei soll durch eine gezielte, auf das Gelenk wirkende Behandlungstechnik eine verbesserte Beweglichkeit erreicht werden (Abbildungen siehe Anhang). Die Oberfläche aller Gelenke (Gleitfähigkeit) sollte in drei Achsen (sechs Richtungen) verschieblich sein (Dishman, 1990). Wirbelgelenke sollten artikulär in Flexion und Extension, die Seitneigung rechts und links sowie die Rotation nach rechts und links frei beweglich sein. Extremitätengelenke sollten gemäß ihrer biomechanischen Funktion restriktionsfrei beweglich sein (Dishman, 1990). Aufzeichnungen wissenschaftlicher Studien begannen 1975 (Triano, 2001). Gezielte Gelenkmanipulationen verbessern Beweglichkeit, reduzieren Schmerz und Muskelspannung (Bicalho, Setti, Macagnan, Cano & Manffra, 2010; Maigne & Vautravers, 2003; Pickar, 2002) und sind auch so im engen Zusammenhang zur Achillessehnentendinopathie zu betrachten. Es existieren verschiedene theoretische Modelle, um die Effektivität dieser Techniken zu erklären. Es wird erwartet, dass sich sensorische Rezeptoren durch die Manipulation mechanisch stimulieren lassen und so einen neurophysiologischen Reflex auslösen (Bicalho et al., 2010; Maigne & Vautravers, 2003; Pickar, 2002; Triano, 2001). Das zentrale Nervensystem verfügt über einen adaptiven Mechanismus auf Schmerz zu reagieren und beeinflusst so die Funktion, währenddessen periphere Nozizeptoren eine Rückantwort an das zentrale Nervensystem geben und so ein Kreislauf entsteht (Pickar, 2002). Verschiedene Studien an lebenden Menschen (Colloca, Keller & Gunzburg, 2003; Lau, Chiu & Lam, 2010) und Tieren (Pickar & Wheeler, 2001; Song, Gan, Cao, Wang & Rupert, 2006) zeigten dies.

Bronfort, Haas, Evans, Leininger und Triano konnten 2010 in ihrem UK review evidence report die Effektivität spinaler manueller Therapien und Manipulationen auf Schmerzreduktion, Verbesserung der Beweglichkeit und Funktionalität zeigen. Es wurden 49 Reviews, 16 evidenzbasierte klinische Leitlinien, zudem 46 klinisch randomisierte Studien einbezogen. Bei Erwachsenen hat sich ein positiver Effekt im Sinne von verbesserter Beweglichkeit und Schmerzreduktion bei chronischen und akuten unteren Rückenschmerzen, bei Migräne, Kopf- und Nackenschmerzen, einigen Beschwerdebildern der Extremitäten, Kiefergelenksbeschwerden und Fibromyalgie gezeigt. Das lässt vermuten, dass möglicherweise auch ein positiver Effekt auf den Schmerz und die Beweglichkeit des Fußes sowie Unterschenkels bei Achillessehnentendinopathie durch Manipulationstechniken vorliegen könnte. Auch liegen neurophysiologische Untersuchungen bezüglich der Wirkweisen von Manipulationsbehandlungen vor. Die Studie von Dishman, Cunningham und Burke (2002) vergleicht die Effekte von Manipulationen der Halswirbelsäule (HWS) und Lendenwirbelsäule (LWS) in Bezug auf die Erregung des α -Motoneurons bei 36 beschwerdefreien Patienten. Es wurden jeweils die Höhen L5/S1 sowie C5/C6 manipuliert. Das Ziel dieser Studie war es festzustellen, ob sich Manipulationen der HWS oder LWS auf die Stimulation des N. tibialis (H-Reflex) gemessen über den M.

gastrocnemius bei gesunden Probanden verstärkt. Beim H-Reflex (Hoffmann) handelt es sich um einen monosynaptischen Reflex, der im Rückenmark verschaltet ist und afferente Neuronen im Triceps-Surae Komplex anregt. Nach Umschaltung im α - Motoneuron des Rückenmarks kann das Aktionspotential mittels EMG (Elektromyogramm) gemessen werden. Die Behandlung der LWS zeigte eine vorübergehende signifikante Veränderung der Amplitude des H-Reflexes des N. tibialis, die bereits nach 60 Sekunden wieder auf den Ausgangswert zurückfiel. Dishman, Greco und Burke untersuchten 2008 die Effekte einer high velocity low amplitude (HVLA) Behandlung auf die kortikospinale Erregung durch die Aktivität des Motoneurons der Nervenerregung auf der paraspinalen Muskulatur bei 72 gesunden Probanden. Es wurde eine flüchtige verstärkte Erregung der Amplitude der MEP (motor- evoked- potentials) der paraspinalen Muskulatur nach lumbaler Manipulation festgestellt. Grindstaff, Hertel, Beazell, Magrum und Ingersol untersuchten 2009 42 gesunde Probanden in Bezug auf die Kraft des M. quadriceps femoris vor einer Manipulation der lumbopelvischen Gelenke bzw. 0, 20, 40 und 60 Minuten danach. Es handelt sich um eine globale Manipulationstechnik in Rückenlage. Es zeigte sich eine Kraftsteigerung von 3,1% im M. quadriceps nach der Anwendung, welche jedoch nach 20 Minuten wieder eliminiert war. 17 Probanden mit Rückenschmerzen wurden von Lehmann, Vernon und McGill (2001) untersucht. Vor und nach einer Manipulation wurden EMG Signale auf der paraspinalen Muskulatur aufgezeichnet. Gemessen wurde im ruhigen Stand sowie in Vorneige, währenddessen ein mechanischer Schmerzstimulus oberhalb des Processus spinosus gesetzt wurde. Im schmerzhaften Segment war eine statistisch signifikante Zunahme der beidseitigen EMG- Aktivität während des mechanischen Stimulus zu verzeichnen, währenddessen keine statistisch signifikante Abnahme des Potenzials im Kontrollsegment festzustellen war. Ebenso fand sich im ruhigen Stand keine Veränderung der EMG Aktivität. Die Abnahme des EMG Potenzials nach der Manipulation am schmerzhaften Segment war signifikant. Diese Studie von Lehmann et al. (2001) gibt interessante Hinweise darauf, dass es möglicherweise ebenfalls im Bereich der unteren Extremität zu einem Spannungsabfall nach einer Manipulation von schmerzhaft eingeschränkten Gelenken kommen kann, jedoch ist die klinische Relevanz einer verbesserten EMG Antwort bis heute ungeklärt. So scheint der Einfluss von Manipulation des Beckens keinen dauerhaften Einfluss auf die Kraft im Bein zu haben. Auch konnten Dishman et al., 2002; Dishman et al., 2008; Ferreira M.L., Ferreira, P.H. und Hodges, 2006 sowie Grindstaff et al., 2009 einen positiven Einfluss auf die Schmerzsituation, die Funktionalität und die Alltagseinschränkungen durch eine Manipulation an der unteren Extremität zeigen, nicht aber eine verbesserte Kraft, die länger als 20 Minuten anhält. Somit konnten mehrere Studien zeigen, dass Manipulationen im Bereich des Achsenskeletts Auswirkungen auf neuromuskuläre Phänomene bzw. Aktivitäten im Bereich der unteren Extremität nehmen. Ob sich eine Achillessehnentendinopathie auf diese Weise beeinflussen lässt, wurde bisher nicht untersucht. Denkbar wären allenfalls positive Effekte auf den Muskeltonus.

Auch im Bereich der unteren Extremität existiert eine Anzahl von Studien (Hoskins, McHardy, Pollard, Windsham & Onley, 2006), die sich mit der Effektivität von Manipulationen der Hüfte, des Kniegelenkes mit dem femoropatellarem Gleitlager und Menisken, der Fußwurzelknochen und des Sprunggelenkes befassen. Hoskins, et al. stellten in ihrem systematischen Review von 2006 76 Publikationen zusammen. 24 davon befassten sich mit dem Fuß, 10 mit dem Sprunggelenk, 25 mit dem Knie und 17 mit der Hüfte. Sie beschrieben, dass die Studien einen geringen Evidenzlevel für die Wirksamkeit der Behandlungen aufweisen. Die wesentlichen Forschungsgebiete dieser Studien in dem benannten Review beziehen sich auf die Krankheitsbilder Patellarsehnenreizung, Fußverstauchung, Hüftarthritis, Kniearthritis, Metatarsalgien und Plantarfaszitis. Lediglich eine Fallstudie befasste sich mit einem 43-jährigen Mann mit einer Achillessehnentendinopathie, der durch Fußmanipulationen des Art. talocruralis und subtalaris, Dehnungen des M. gastrocnemius und M. soleus sowie durch Massagetechniken eine kurzfristige Verbesserung seiner Beschwerdesymptomatik erfuhr (So & Pollard, 1997). Andere Autoren beschreiben Effekte einer Manipulation der Fußwurzelknochen und der Sprunggelenke vor allem in Hinblick auf eine Abnahme der Schmerzen sowie eine verbesserte Beweglichkeit der Fußwurzelknochen zueinander, so dass diese Form der Manipulationsbehandlung bei einer Achillessehnentendinopathie zur Linderung der Schmerzen beitragen könnte (Bicalho et al., 2010; Maigne & Vautravers, 2003; Pickar, 2002). Brantingham, Bonnefin, Perle, Cassa, Globe, Pribicevic et al. erstellten 2012 eine Fortführung des Reviews von Hoskins et al. (2006) und dokumentierten 399 neue Veröffentlichungen mit ähnlichen Schwerpunkten, wobei keine zur Behandlung der Achillessehnentendinopathie enthalten waren. Bevorzugte Outcomemessung war die VAS Messung. Verschiedene Messmethoden zur Ermittlung der range of motion ROM wurden ebenso angewendet.

Dem Patellarsyndrom und der Achillessehnentendinopathie liegen ähnliche pathophysiologische Mechanismen bzgl. der veränderten Sehnenstruktur und Vaskularisation zu Grunde (Cassel, Baur, Hirschmüller, Carlsohn, Fröhlich & Mayer, 2014; Di Matteo, Filardo, Kon & Marcacci, 2015; Tan & Chan, 2008), so dass möglicherweise ebenfalls eine Schmerzreduktion durch zusätzliche lumbopelvische Manipulation bei der Achillessehnentendinopathie zu erwarten wäre. Iverson, Sutlive, Crowell, Morrell, Perkins, Garber et al. führten 2008 eine Untersuchung durch, die eine Schmerzlinderung des Patellarsyndroms an 50 Probanden nach einmaliger lumbopelvischer Manipulation zeigte. Gemessen wurde nach der therapeutischen Intervention beim Auf- und Abspringen einer 20 cm hohen Stufe. Zusätzlich wurde der Schmerz in Hockposition erfasst. 45% der Probanden wiesen eine Schmerzreduktion von über 50% auf. Auch die Beweglichkeit in Innenrotation der Hüfte erweiterte sich im Durchschnitt um 14°.

Zusammenfassend liegen bisher somit wenige Ansätze vor, dass sich Gelenkmanipulationen der LWS, des Becken und der Beinkette sowie des Fußes positiv auf eine Achillessehnentendinopathie auswirken. Die regionale Behandlung des Fußes und Sprunggelenkes scheint jedoch einen gewinnbringenden Ansatz darzustellen, wobei die Fernwirkung über die Behandlung der Lenden-

wirbelsäule und des Beckens unklar ist. Einige Modelle zeigen hierbei lediglich einen Einfluss auf das periphere Nervensystem.

1.8 Wirkung von Faszientechniken auf das Bindegewebe

Aus der Sicht des faszialen Systems wird der menschliche Körper als eine Funktionseinheit, welche Spannungen und kinematische Züge übertragen kann, betrachtet. Faszien werden als Teil des Bindegewebes verstanden, welches den menschlichen Körper durchdringt und Blutgefäße, Nerven, Viszera, Muskeln und viele weitere Gewebe ein- und umschließt (Bordoni & Zanier, 2014; Kwong & Findley 2014). Die Literatur beschäftigt sich wenig mit der Definition von Faszien, vermutlich da eine sehr hohe Variabilität von Funktion, Dicke, Aufbau und Zusammensetzung sowie Lokalisation vorliegt (Bordoni & Zanier, 2014). Die osteopathische Literatur zeigt zum Teil uneinheitliche Ansätze, die Anatomie und Funktion dieses Gewebes zu erklären. Eine osteopathische Faszienbehandlung soll ganz allgemein durch eine Behandlung mit den Händen eine Gewebeentspannung hervorrufen (Paoletti, 2001). Es existiert eine Vielzahl von verschiedenen Techniken, bei denen der Behandler und der Patient unter der Therapie dieses Release des Gewebes spüren (Paoletti, 2001). Bordoni und Zanier spekulieren 2014, dass Spannungen auf die Muskulatur übertragen sowie Flüssigkeitsverschiebungen zwischen verschiedenen Kompartimenten (z.B. Extensoren- oder Flexorenloge) durch die Faszien reguliert werden. Faszien sollen für eine günstigere Ausrichtung der Muskelfasern verantwortlich sein, wodurch eine optimierte Kraftübertragung ermöglicht wird; zusätzlich soll durch einen Flüssigkeitsaustausch z.B. auch der Lymphflüssigkeit zwischen den Gewebsschichten die Muskelarbeit geschmeidiger und ergonomischer werden (Turina, Martinez-Gonzales & Stecco, 2013). Huijing, Maas und Baan zeigten 2003, dass 70% der Kraft über die Muskulatur auf das Sehngewebe und 30% über das muskelumhüllende Faszien-system übertragen wird, was die Bedeutung dieses Gewebes für die Biomechanik untermauert. Schleip, Klingler & Lehmann-Horn (2008) und van der Wal (2009) vermuten zudem, dass Faszien-gewebe über eine Architektur verfügt, die in der Lage ist, Kräfte zu absorbieren und einen großen Anteil an der Propriozeptionsfähigkeit eines Menschen hat.

Die Ursache für eine reduzierte Beweglichkeit, Schmerz oder Muskelspannungen scheint sich nicht ausschließlich in einer eingeschränkten Beweglichkeit von Gelenken zu finden (Simmonds, Miller & Gemell, 2012). Auch sollten gemäß Simmonds et al. (2012) die Faszienstrukturen mit in die Überlegung einbezogen werden. Bei Patienten mit Achillessehnentendinopathie ist es wichtig, die Steifheit der Gelenke, Muskeln und Sehnen des gesamten Beines (Maquirriain, 2012) und hierdurch allenfalls die Schmerzen (Knobloch, 2008; Mayer et al., 2008) zu reduzieren.

Schleip et al. zeigten 2008, dass Faszien über kontraktile Zellen (Myofibroblasten) verfügen. Somit besteht Grund zur Annahme, dass es sich bei Faszien nicht nur um passive Strukturen des Körpers handelt, sondern diese auch über aktive kontraktile Elemente verfügen (Schleip et al., 2008).

Möglicherweise kumuliert die Dichte der Myofibroblasten mit der mechanischen Belastung auf das Gewebe (Ehrlich, Allison & Legett, 2006). Schleip et al. stellten passend hierzu 2008 fest, dass eine allgemein erhöhte körperliche Aktivität mit einer hohen Myofibroblastendichte korreliert, und dass mit hohen sympathikotonen Zuständen des Menschen eine hohe Faszienspannung einhergeht. Die Kontraktionsfähigkeit von Faszienngewebe könnte teilweise auch die Existenz anderer chronischer Sehnenerkrankungen wie „Frozen shoulder“ oder M. Dupuytren erklären (Bunker & Anthony, 1995; Mengiardi, Pfirrmann, Gerber, Hodler & Zanetti, 2004), was möglicherweise einen Rückschluss auf das Krankheitsbild der Achillessehnentendinopathie erlaubt. Meltzer und Standley (2007) untersuchten mit ihrer in vitro Untersuchung Myofibroblasten von Menschen unter drei verschiedenen Behandlungstechniken. Es handelte sich um eine Faszientechnik, eine osteopathische Manipulationstechnik sowie eine Kombination aus beiden. Die Autoren stellten, abhängig von der Technik, eine Reduktion von antientzündlichen Botenstoffen (Interleukinen) zwischen 44 und 51% fest. Auch die Anzahl der Myofibroblasten im Faszienngewebe ging nach 24 Stunden um 15% zurück, wobei die Faszientechnik den besten Effekt zeigte. Meltzer und Standley (2006) untersuchten die Form und Proliferation der menschlichen Fibroblasten in der Zellkultur. Die ausgeübte Spannung auf das Gewebe (Dehnung des Zellverbandes um 10-30% der Ursprungslänge) sowie die Dauer der Anwendung (12-72 Stunden) variierte. Passend zu der Untersuchung von Meltzer & Standley (2007) kam es zu einer Sekretion antiinflammatorischer Zytokine unter einer moderaten Spannung, währenddessen es ab einer 30%igen Dehnung zu einer Zerreißung des Zellverbundes kam. Auch Dodd, Good, Nguyen, Grigg, Batia und Standley (2006) beschreiben, dass ein Druck, der die Spannung auf das Gewebe um ca. 10% erhöht, scheinbar ein verbessertes Gleiten innerhalb der Faszien ermöglicht. Diese Forschungsergebnisse geben Grund zur Annahme, dass einerseits der im Rahmen der therapeutischen Intervention ausgeübte Druck an sich, andererseits auch die Stärke dieses Drucks auf das Faszienngewebe eine Rolle spielt.

Zudem scheint sich auch die Gesamtbeweglichkeit von Muskelgruppen durch Faszientherapie zu erweitern. 30 Probanden wurden von Baird, Shumate, Tancredi, Cayce und Wibbenmeyer (2014) mit direkten, auf die gesamte rückwärtige Oberschenkelmuskulatur (Hamstrings) wirkenden Faszientechniken behandelt. Die Beweglichkeit verbesserte sich nach einmaliger Anwendung im Mittel nach der Behandlung um 15%. Der von den Autoren gewählte Ansatz belegt eine deutlich erweiterte Beweglichkeit nach faszialer Behandlung.

Ajimsha, Al-Mudahka & Al-Madzhar (2015) zeigten in ihrem systematischen Review über die Effekte myofaszialer Behandlungen überwiegend positive Ergebnisse in Hinblick auf eine verbesserte Beweglichkeit und eine Schmerzlinderung durch osteopathisch fasziale Techniken. Die Untersuchungen bezogen sich auf allgemeine Spannung des M. Gastrocnemius-Soleus Komplexes, untere Rückenschmerzen, Fibromyalgie, Kiefergelenksbeschwerden, laterale Epicondylitis sowie Plantarfaszitis. Im Zusammenhang mit Achillessehnentendinopathie existiert bisher eine klinische Studie, die sich mit dem Effekt von manuellen und osteopathischen Techniken befasst (Howell,

Cabell, Chila & Eland, 2006). Die Autoren behandelten in ihrer Untersuchung 16 Patienten mit Tendinopathie an der Achillessehne und eine Kontrollgruppe von 15 asymptomatischen Patienten mit der Strain-Counterstrain-Methode. Bei dieser Behandlungstechnik handelt es sich um eine Entspannung eines Muskelpunktes, sogenannte tender oder trigger points, über eine schmerzfreie Position. Tender points sind klar definierte ca. einen Zentimeter große Punkte in der Muskulatur oder im Sehngewebe. Es wurden tender points des gesamten Beines in Rückenlage bei 90° flektiertem Knie behandelt, welche mit einer Achillessehnentendinopathie in Zusammenhang stehen sollen. Die Schmerzen, Steifheit und Schwellung reduzierten sich bei Patienten mit chronischer Achillessehnentendinopathie, währenddessen keine signifikanten Veränderungen beim Hoffmann-Reflex zu beobachten waren. (Howell et al., 2006). Stecco, A., Gesi, Stecco, C. und Stern (2013) beschreiben in ihrer Studie ein physiologisches Vorkommen von Hyaluronsäure im Bindegewebe, welches Muskelbündel in hoher Konzentration von >1.000.000 Dalton im Körper umschließt. Dieses könnte mitverantwortlich sein für eine natürliche Homöostase, Zellproliferation sowie Zellmigration und beeinflusst möglicherweise positiv das Immunsystem und wirkt antiinflammatorisch. Stecco et al. (2013) spekulieren, dass Triggerpunkte im Bindegewebe über eine deutlich verringerte Anzahl von Hyaluronsäureketten verfügen und verantwortlich für die schmerzhaften Punkte sind. Eine lokale manuelle oder fasziale Behandlung auf den Triggerpunkten zerstört die noch vorhandenen Hyaluronsäureketten auf eine so geringe Anzahl, dass dann selbstregenerierende Prozesse angestoßen werden und so die Hyaluronsäure in einem Zeitfenster von wenigen Wochen wieder deutlich, auf ein physiologisches Maß, ansteigt (Stecco et al., 2013). Zusammenfassend zeigen diese klinischen Studien, dass der Ansatz, eine Achillessehnentendinopathie mit Faszientechniken zu behandeln, erfolgsversprechend sein könnte.

1.9 Zusammenfassung der Studienlage

Die Therapie der Achillessehnenreizung wurde vielfältig erforscht, zu dem viele Studien, die die Effekte unterschiedlicher Therapieformen miteinander vergleichen, veröffentlicht wurden (Krämer, Lorenzen, Vogt & Knobloch, 2010; McLauchlan & Handoll, 2011). Insbesondere ein über längere Zeit durchgeführtes exzentrisches Muskeltraining scheint einen positiven Effekt auf den Krankheitsverlauf zu nehmen (Alfredson, 2014; Alfredson et al., 1998; Mafi et al., 2001; Silbernagel et al., 2001; Stanish et al., 1986). Jedoch scheint bis zum heutigen Zeitpunkt keine Behandlungsform beschrieben worden zu sein, die in einem kürzeren Zeitfenster als drei Monate erfolgsversprechend und effizient ist. Simmonds et al. (2012) weisen in diesem Zusammenhang auf die Komplexität des Gewebes und die Bedeutung der Therapie sowohl der Gelenke mit HVLA oder mobilisierenden Techniken, als auch auf die Behandlung der Weichteile, mit osteopathischen Weichteil-, Faszien- oder Muskelenergie-Techniken, hin. Sie beschreiben die Wichtigkeit einer komplexen Behandlung, um die Wirksamkeit einer Behandlung zu optimieren. Patienten, die unter einer Achillessehnenreizung

leiden, leiden unter einer Beeinträchtigung des gesamten Beines, und auch die Schmerzen befallen somit häufig die komplette Extremität ; lindern sich die Symptome, verbessert sich häufig auch die Funktionalität des Beines (Maquirriain & Kokalj, 2014). Daher könnte der therapeutische Ansatz, die gesamte Beinkette zu behandeln, von großer Wichtigkeit sein. Eine Studie der Behandlung verschiedener Strukturen des Beines, die Gelenke und Faszien einbezieht, ist daher naheliegend. Es scheint in diesem Zusammenhang wichtig, konkrete Behandlungsrichtlinien in Bezug auf Behandlungstechniken, Dauer und Intensität der Therapien festzulegen.

Da sich bisher die Therapie des exzentrischen Trainings als erfolgversprechendster Ansatz dargestellt hat, sollte diese Intervention als Vergleichsgruppe dienen. Jedoch scheint sich diese Form des Trainings lediglich auf eine verbesserte Struktur der Sehne auszuwirken (Öhberg et al., 2004). Ziel einer Studie sollte es sein, zu untersuchen, ob es eine schneller wirkende Behandlungsmethode als die des exzentrischen Trainings für Patienten mit Achillessehnenbeschwerden gibt, die möglicherweise komplexer auf das Beschwerdebild eingeht und somit eine optimalere Therapieform für Patienten mit Achillessehnentendinopathie darstellt. Die Studie soll breitbandig Ergebnisse, nicht nur in Bezug auf die Schmerzsituation, sondern auch Rückschlüsse auf Funktion der Achillessehne, Mobilität des oberen Sprunggelenkes sowie Leistungsfähigkeit (Balance und Sprungkraft) des gesamten Beines abbilden. Dadurch können die Effekte der beiden Behandlungen vielschichtig verglichen werden.

2 Fragestellung – Zielsetzung – Hypothesen

Im Rahmen dieser Studie soll die Auswirkung einer manuellen, osteopathischen Behandlung im Vergleich zu einem exzentrischen Training auf die Schmerzsymptomatik, Steifheit, Kraft und sensorischen Fähigkeiten von Patienten mit chronischer Achillessehnentendinopathie untersucht werden. Es besteht ein wissenschaftlicher Bedarf, valide und effektive Behandlungsverfahren für dieses Krankheitsbild zu finden. Es soll eine möglichst schnell wirkende therapeutische Intervention gefunden werden. Die Studie soll einen Beitrag leisten, konkrete Therapieempfehlungen für die Behandlung von Patienten mit Achillessehnentendinopathie darzulegen.

Es werden folgende statistische Hypothesen formuliert:

Hypothese eins:

Eine manuelle Behandlung ist im Rahmen einer Achillessehnenreizung effektiver zur Schmerzreduktion im Bereich der Achillessehne als ein exzentrisches Training bzw. keine Intervention.

Die Mittelwerte der Gruppe, die die manuellen Techniken erhält, sind bei der Einschätzung der Schmerzen signifikant geringer als die Mittelwerte der Gruppe, die das exzentrische Training absolviert bzw. keine Intervention erhält. Die statistische Nullhypothese, die widerlegt werden soll, lautet, dass sich die Mittelwerte der Selbsteinschätzung der Schmerzen zwischen den drei Gruppen nicht unterscheiden.

Hypothese zwei:

Eine manuelle Behandlung ist effektiver zur Erweiterung der Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes, zur Verbesserung der Balance sowie Sprungkraft als ein exzentrisches Training bzw. keine Intervention.

Die Mittelwerte der Gruppe, die die manuellen Techniken erhält, sind in Bezug auf die Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk höher als die Mittelwerte der Gruppe, die das exzentrische Training absolviert.

Die Mittelwerte der Gruppe, die die manuellen Techniken erhält, sind in Bezug auf die Balancefähigkeit geringer als die Mittelwerte der Gruppe, die das exzentrische Training absolviert.

Die Mittelwerte der Gruppe, die die manuellen Techniken erhält, sind in Bezug auf die Sprungkraft höher als die Mittelwerte der Gruppe, die das exzentrische Training absolviert.

Die statistische Nullhypothese, die widerlegt werden soll, lautet somit, dass sich die genannten Mittelwerte für Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes, zur Verbesserung der Balance sowie Sprungkraft zwischen den drei Gruppen nicht unterscheiden.

3 Methodik

3.1 Studientyp

Der Studie lag ein randomisiertes, kontrolliertes, unverblindetes Design zugrunde, in welchem die Effektivität von exzentrischem Training gegenüber manuellen Behandlungen des Fußes und Beines auf die Symptomatik bei Patienten mit Achillessehnenbeschwerden untersucht wurde. Zudem wurde eine Kontrollgruppe keiner Behandlung unterzogen. Verglichen wurden die Effekte auf Schmerzen, Funktionseinschränkungen, Koordinationsvermögen und Sprungkraft. Die Durchführung der Studie verlief unverblindet, wobei der Behandler und die Messperson (Erhebung der Messergebnisse) unterschiedliche Personen waren. Eine Verblindung der Teilnehmer, des Untersuchers sowie des Behandlers war aufgrund der unterschiedlichen Interventionen sowie aus organisatorischen Gründen nicht möglich. Alle Probanden unterschrieben eine Einverständniserklärung (siehe Anhang) zur Teilnahme an der Studie und wurden im Vorfeld über den Nutzen und die Risiken für sie persönlich durch die Untersuchungsperson aufgeklärt.

3.2 Probanden/ Probandenanzahl

Es wurden insgesamt 110 Patienten mit chronischen Achillessehnen-Beschwerden in Bremerhaven aus einem vorbestehenden Patientenkreis sowie von umliegenden Allgemeinmedizinern, Orthopäden, Therapeuten, Sportvereinen und Kliniken und über die lokale Presse rekrutiert. Die Kalkulation der notwendigen Stichprobenanzahl ($n=99$) basierte auf einem erwarteten Effekt von 0,4 im primären Outcome (VAS), einer Teststärke von 90% und einem erwarteten Drop Out von 10% und einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ (ANOVA). Der erwartete Effekt der VAS orientiert sich an in zuvor durchgeführten Studien mit vergleichbaren Interventionen und Diagnosen. So berichtet Krämer in seinem Review 2010 von einer Verbesserung im VAS Punktescore von mindestens 2 auf die VAS infolge exzentrischen Trainings bei Patienten mit Achillessehnenentzündungen. Da die fasziale/ manualtherapeutische Therapieform erstmalig im Zusammenhang mit Achillessehnenreizungen untersucht wird und vor allem Unterschiede zum exzentrischem Training relevant sind, wird ein Effekt von 0,4 als klinisch bedeutsam definiert.

3.3 Ein- und Ausschlusskriterien

Das Alter der Probanden sollte zwischen 35 und 60 Jahren liegen. Diese Altersspanne erschien sinnvoll, um eine Homogenität der Gruppen zu gewährleisten, die juvenile Beschwerdebilder sowie stark degenerative Veränderungen der Achillessehne ausschließt. Die Probanden konnten sowohl weiblich als männlich sein und die Schmerzen in der Achillessehne sollten mindestens VAS 1/10

betragen, zudem sollten sie eine dazu passende chronische Schmerzsymptomatik seit mindestens 12 Wochen aufweisen, um akute entzündliche Geschehen auszuschließen. Ausschlusskriterien waren jegliche Form von Behandlung an der Achillessehne in den vergangenen zwei Wochen, Operationen an der Achillessehne, Probanden mit Zustand nach Ruptur der Achillessehne, Schwangerschaft, schwere Durchblutungsstörungen oder therapeutische Antikoagulation des Probanden, Osteoporose des Fußes oder der Fibula, Verdacht auf maligne Neoplasie im Bereich des Achillessehnen- oder Knochengewebes, mangelnde deutsche oder englische Sprachkenntnisse, Verletzungen innerhalb des Studienzeitraumes an der betroffenen Extremität und fehlende Aufklärung und Einverständnis des Patienten. Bei telefonischer Anmeldung wurden die einzelnen Punkte abgefragt und noch einmal im Anamnesegespräch dokumentiert.

3.4 Zielparameter

3.4.1 Primäre Zielparameter

Die Beschwerdesymptomatik der betroffenen Achillessehne wurde über den VISA-A Bogen (Robinson, Cook, Purdam, Visentini, Ross, Maffuli et al., 2001), den VAS- FA (Richter, Zech, Geerling, Frink, Knobloch & Krettek, 2006; Stüber, Zech, Bay, Qazzaz & Richter, 2010) sowie eine VAS Messung der durchschnittlichen Beschwerden der betroffenen Sehne in den vergangenen drei Tagen erfasst (Aitken, 1969; Folstein & Luria, 1973; Hjermstad, Fayers, Haugen, Caraceni, Hanks, Loge et al., 2011; Murphy, McDonald, Power, Unwin & Mac Sullivan, 1987). Der VISA-A Bogen ist ein spezieller Fragebogen für Patienten mit Achillessehnenbeschwerden und ermittelt über einen Score vor allem die funktionellen und belastungsabhängigen Schmerzen der Achillessehne. Die VAS-Messung wurde durch eine Skala rein visuell durchgeführt, wobei nach Markieren der aktuellen Schmerzsituation auf der nicht nummerierten Skala durch den Patienten diese Position in einen Punktwert zwischen 0 (absolute Schmerzfreiheit) und 10 (stärkster Schmerz) durch den Untersucher umgewandelt wurde. Durch 20 gezielte Fragen bezüglich Fuß- und Sprunggelenksbeschwerden (VAS- FA) wurde ebenfalls ein Score ermittelt, der allgemeine Beschwerden des Fußes darstellt.

3.4.2 Sekundäre Zielparameter

Als Messparameter in Bezug auf die sensomotorische Fähigkeit diente ein Balancetest, der BESS Test, der mit Hilfe eines Fehlerscores die Koordinationsfähigkeit des Probanden in verschiedenen Ausgangsstellungen ermittelt (Bell, Guskiewicz, Clark & Padua, 2011). Steifheit der Achillessehne wurde über den funktionellen Test zur Messung der Dorsalextension im oberen Sprunggelenk nach Bennell gemessen (Bennell, Talbot, Wajswelner, Techovanich & Kelly, 1998). Die Leistungsfähigkeit in Bezug auf das Sprungverhalten und Kraft wurde mit dem Triple-Hop Distance Test er-

mittelt (Hamilton, Schultz, Schmitz & Perrin, 2008). Es wurden drei Sprünge nacheinander mit dem betroffenen Bein durchgeführt.

3.5 Messmethodik

3.5.1 Schmerzmessung

Bei der Messung des Schmerzes bei Patienten mit einer Achillessehnentendinopathie handelt es sich um das primäre Outcome (Hutchison et al., 2013; (a) Maffulli, Kenward, Testa, Capasso, Regine & King, 2003). Die anamnestischen Erhebungen stellten mit der VAS Messung, dem VISA-A Bogen und dem VAS-FA Bogen den ersten Teil der Untersuchung dar.

Mittels VAS sind sehr präzise Messungen möglich, um die Schmerzsituation, auch wiederholt, exakt zu erfassen (Aitken, 1969). In einem Review untersuchten Hjermstad et al. (2011) 54 Artikel zur Schmerzerfassung. Wegen der guten Abstufbarkeit wurde das VAS Verfahren hoch bewertet (Hjermstad et al., 2011). Nach Abrams, Davidson, Harrick, Harcourt, Zylinski & Clancy (2006) ist das Verfahren zur Beurteilung von Behandlungserfolgen sehr geeignet. Zusammenfassend handelt es sich bei der visuellen Analogskala (VAS) um eine valide, objektive und reliable Messung, um Schmerzen des Patienten an der Achillessehne zu erfassen (Hutchison et al., 2013, Schomacher, 2008). Die VAS Messung wird mit einem Messschieber durchgeführt, der auf der Rückseite eine Skala von 0-10 aufweist. Die Messperson ermittelte den VAS. Sie erklärte genau das Verfahren der VAS. Der Proband sollte seinen Schmerz an der Achillessehne in den letzten 3 Tagen im Durchschnitt benennen, das heißt rein visuell durch das Herausziehen des Messstabes einschätzen (Murphy et al., 1987). Anschließend las die Messperson den VAS Wert auf der Skala ab. Waren beide Sehnen des Probanden betroffen, wurden beide Seiten einzeln abgefragt. Das Ergebnis wurde im Anamnese- und Befundbogen dokumentiert.

Bei dem VAS- FA (visual analog score foot and ankle, siehe Anlage) handelt es sich um einen validierten VAS Messbogen, der speziell für die Beurteilung von Fuß- und Sprunggelenksbeschwerden entwickelt wurde (Richter et al., 2006; Stüber, et al., 2010). Der Bogen basiert auf 20 Fragen, die subjektiv mit dem VAS Messschieber beantwortet werden und einen Score zwischen 0 (absolute Beschwerdefreiheit) und 100 ermöglicht. 13 Fragen des VAS- FA Bogens zielen auf Funktionsstörungen des Fußes ab, vier auf die aktuelle Schmerzsituation und drei beziehen sich auf Beschwerden sonstiger Art. In der vorliegenden Studie sollten die Probanden ihren Schmerz im Mittel der vergangenen drei Tage beurteilen. Die Messperson führte die Probanden durch den VAS- FA Bogen, indem sie die Fragen stellte und der Proband diese mittels Messschieber beantwortete (Verfahren wie bei der VAS Messung) und die Ergebnisse auf dem individuellen Fragebogen jedes Probanden dokumentierte. Zur Feststellung des VAS- FA Wertes wurde das Gesamtergebnis aller 20 Fragen addiert und am Ende wieder durch 20 geteilt. Dieser Wert wurde dann dokumentiert.

3.5.2 Messung schmerzhafter Funktionseinschränkungen

Der VISA-A Bogen (siehe Anlage) ist ein spezieller Fragebogen für Patienten mit Achillessehnenbeschwerden und ermittelt über einen Score (0-100) die vor allem belastungsabhängigen Schmerzen der Achillessehne (Robinson et al., 2001). Er wurde aufgrund einer Literaturrecherche der für die Achillessehne typischen Symptome erstellt (Robinson et al., 2001). Der Fragebogen ist leicht von den Probanden selbst auszufüllen und evaluiert die Symptome mit einer guten Test- Retest Reliabilität (Robinson et al., 2001). Bei einer Wiederholung nach einer Woche weist er auch eine gute Stabilität auf. Auch die Validität des Bogens hoben verschiedene Autoren in ihren Untersuchungen positiv hervor (Lohrer & Nauck, 2010; Robinson, 2001; Silbernagel, Thomeé & Kaelsson, 2005). Der Bogen ist sehr sensibel gegenüber kleinen klinischen Veränderungen auch nach einer Therapie (Robinson et al., 2001; Silbernagel, Thomeé, Eriksson & Karlsson, 2007). Der VISA-A Bogen wurde in sechs Schritten von der englischen in die deutsche Sprache übersetzt (Lohrer & Nauck, 2010). Medizinische- sowie Sprachexperten führten eine Vorwärts- als auch Rückwärtsübersetzung durch. Es entstand der VISA-A-G Bogen (Robinson et al., 2001). Iversen, Bartels und Langberg schlossen 2012 26 klinische Studien mit 1336 Probanden zwischen 18 und 70 Jahren (281 gesunde und 1055 symptomatische Probanden) in seine Untersuchung ein, in der der VISA-A Bogen verwendet wurde. In 78% der Studien wurden die Effekte des exzentrischen Trainings untersucht. Die Spanne der Probanden mit Achillessehnenreizung reichte von einem Score vor der Behandlung von 24- 63 und nach der Therapie von 50-96.6. Gesunde Probanden zeigten einer Score zwischen 96-100. In 21 der 26 Studien erhöhte sich der Score nach der Anwendung auf >70. Bei einem Score >90 kann der Patient als vollständig wiederhergestellt eingestuft werden (Iversen et al., 2012). Der VISA-A Fragebogen wurde von der Messperson erklärt. Der Bogen ermittelt durch acht verschiedene Fragen die verschiedenen für die Achillessehne typischen Schmerzen (drei Fragen), Funktionseinschränkungen im Alltag (drei Fragen) und bei Belastung (zwei Fragen) der Sehne. Er bezieht sich somit vor allem auf belastungsabhängige typische Schmerzen der Achillessehne (Robinson et al., 2001). Der optimale Score, den nur absolut asymptotische Probanden erzielen können, ist 100. Nun füllte der Proband ihn selbstständig aus und die Messperson stand für evtl. Verständnisfragen zur Verfügung. Es war ausreichend Zeit sowie ein ruhiger Raum vorhanden. Auch war das Testen der Beschwerden bei Entscheidungsschwierigkeiten seitens der Probanden erlaubt, z.B. bei der Frage: „Haben Sie Schmerzen während oder unmittelbar nachdem Sie zehn (einbeinige) Zehenstände auf einer flachen Unterlage ausgeführt haben?“. Die Dokumentation des Ergebnisses erfolgte im Anamnese-/Befundbogen.

3.5.3 Messung Propriozeption/ Koordination, Balancetest

Das in der vorliegenden Studie verwendete Messparameter in Bezug auf die sensomotorische Fähigkeit ist der BESS Test, der mit Hilfe eines Fehlerscores die Koordinationsfähigkeit des Probanden in verschiedenen Ausgangsstellungen ermittelt (Bell et al., 2011). Er ist bei Patienten mit Sportverletzungen (Docherty, 2006), Gehirnerschütterung (Guskiewicz, Ross & Marshall, 2001) aber auch Achillessehnenreizung objektiv, kostengünstig und mobil einsetzbar (Carcia et al., 2010). Riemann, Guskiewicz und Shields (1999) bewerteten die Reliabilität in ihrer Studie mit 18 Probanden nach drei Testungen als gut (0.78-0.96), während die geringsten Abweichungen der doppelbeinige Stand hatte. Unter Berücksichtigung des normalen Heilungsprozesses (Guskiewicz et al., 2001), Lebensalter des Probanden (Era, Sainio, Koskinen, Haavisto, Vaara & Aromaa, 2006), Sprunggelenksinstabilitäten und damit verbundenen Trainingseffekten (Derave, De Clercq, Bouckaert & Pannier, 1998) ist der BESS-Test sehr valide. Allerdings nimmt Flüssigkeitsverlust, Erschöpfung und Müdigkeit des Probanden, neuromuskulärer Trainingszustand und häufiger wiederholter BESS-Test ebenso Einfluss (Broglio, Monk, Sopiary & Cooper, 2009; Burk, Munkasy, Joyner & Buckley, 2013; Fox, Mihalik, Blackburn, Battaglini & Guskiewicz, 2008; Patel, Mihalik, Notebaert, Guskiewicz & Prentice, 2007) auf das Ergebnis des Tests. Eine Studie mit dem BESS-Test von Iverson und Koehle (2013) an 739 gesunden Männern (59,8%) und 497 Frauen ergab einen Mittelwert des Fehlerscores für verschiedene Altersgruppen zwischen 11.3 und 19.9 (Iverson & Koehle, 2013).

Im zweiten Teil der Untersuchung wurden körperliche Tests durch die Messperson durchgeführt. Der Anfang machte stets der sensomotorische BESS- Test, um die koordinativen Fähigkeiten durch andere möglicherweise achillessehnenbelastende Tests einzuschränken (Bell et al., 2011; Broglio, 2007; Broglio et al., 2009; Carcia et al., 2010; Docherty, 2006.). Das Airex® Balance Pad 81000, die Stoppuhr, das BESS Testprotokoll sowie eine Score Card lagen in einem für den BESS und Bennell Test vorbereiteten Behandlungsraum vor. Der Proband zog für den Test die Schuhe und die Socken aus. Evtl. Tapeverbände oder Bandagen wurden ebenfalls abgenommen, da sie einen Einfluss auf die posturale Kontrolle im Sprunggelenk haben könnten (Broglio, 2007; Broglio et al., 2009). Die Messperson führte den Test durch und achtete beim gesamten Test darauf, dass der Proband nicht zu Fall kam, ohne ihn dabei zu berühren oder gar zu stützen. Sechs Positionen (drei ohne Airex® Pad, drei mit Airex® Pad) wurden vom Probanden mit geschlossenen Augen, Hände in die Hüften gestützt für jeweils 20 Sekunden durchgeführt. Die Stoppuhr mit Timerfunktion wurde stets gestartet, wenn der Proband die Augen schloss. Bei der ersten Position handelte es sich um den Stand mit gestreckten Knien und geschlossenen Füßen, die sich an den Knöcheln berührten. Die zweite Position war der Einbeinstand auf dem betroffenen Bein mit einer flektierten Hüfte von ca. 30°. Als dritte Position erfolgte nun der Tandemstand, betroffenes Bein vorne, Ferse des vorderen Beines und Fußspitze des hinteren Beines berührten sich. Die Positionen vier bis sechs waren identisch mit eins bis drei, nur dass sie nun auf dem Airex® balance pad durchgeführt

wurden. Die Messperson führte ein Fehlerprotokoll (BESS- Scorecard). Jeweils ein Fehler war: Hände/ Hand aus den Hüften nehmen, Augen öffnen, Fuß umsetzen, taumeln oder fallen, Abduktion oder Flexion der Hüfte über 30°, Veränderung der Testposition für mehr als fünf Sekunden, Ferse- oder Vorderfuß Abhebung. Bei beidseitig betroffenen Probanden wurde der Test zweimal hintereinander jeweils mit dem rechten und linken Bein durchgeführt. Maximal zehn Fehler wurden pro Position dokumentiert. Bei zehn Fehlern wurde die Position abgebrochen. Die Probanden wurden darauf hingewiesen, die Übungen des BESS Tests nicht zu Hause durchzuführen, so dass sich kein Trainingseffekt einstellte und das Ergebnis nicht verfälscht wurde (Zech, Hübscher, Vogt, Banzer, Hänsel & Pfeifer, 2010). Die Durchführung des Tests erwies sich als gut praktikabel. Die Dokumentation des Ergebnisses erfolgte im Anamnese-/Befundbogen.

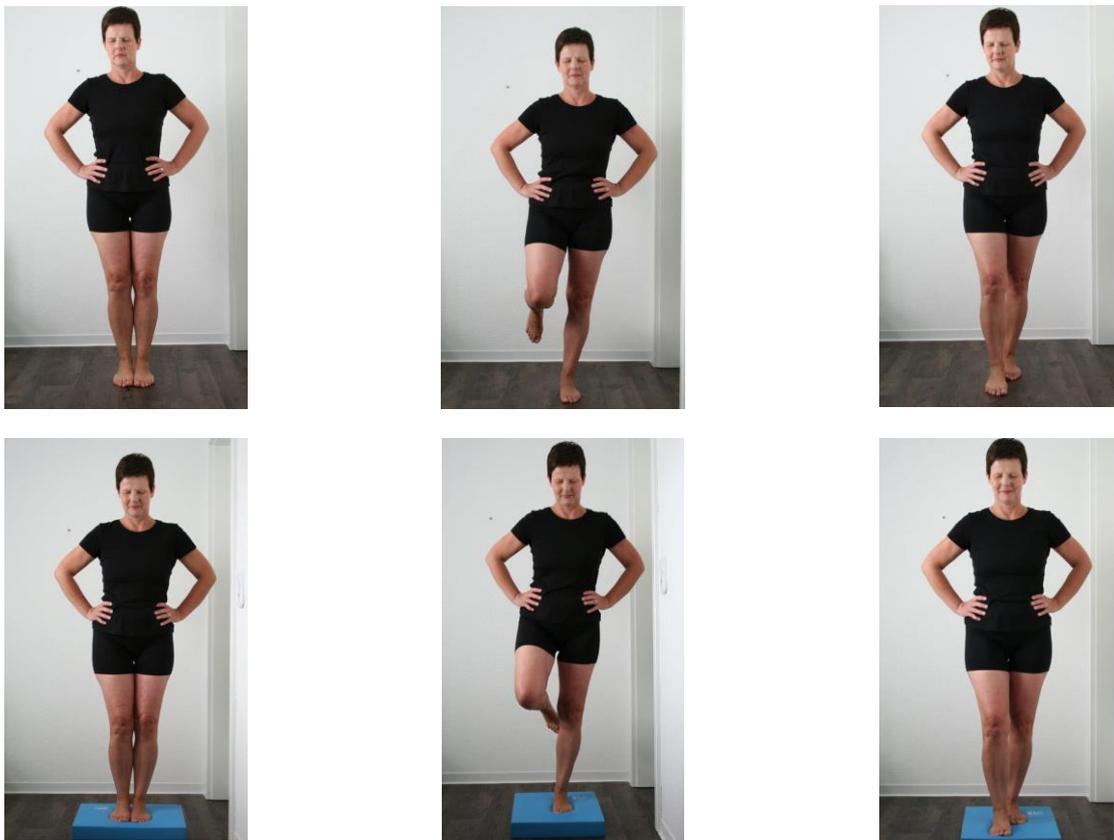


Abbildung 1: Positionen des BESS-Tests

3.5.4 Messung Beweglichkeit/ Flexibilität der Achillessehne

Mediziner und Therapeuten bedienen sich gewöhnlich der „weight-bearing lunge test to assess DF“ nach Bennell (Bennell et al., 1998). Der Einfachheit halber wird der Test im Folgenden „Bennell Test“ genannt. Er dient der Ermittlung der Dorsalextension im oberen Sprunggelenk und damit unter anderem auch der Steifheit der Achillessehne (Bennell et al., 1998; Chissholm, 2012; Konor, Morton, Eckerson & Grindstaff, 2012). Dieser Test erwies sich bei einer Untersuchung von Konor et al. (2012) im Vergleich zur Standard Goniometer Testung und einem digitalen Inclinome-

ter als derjenige mit der höchsten Reliabilität. Bennell et al. stellten 1998 in ihrer Untersuchung fest, dass klinische Erfahrung der Untersucher bei ihrem einfach durchzuführenden Test wichtig ist, da es sonst zu Messabweichungen kommen kann. Die Wahrscheinlichkeit von Messfehlern ist allerdings bei einer Messung in cm geringer als bei einer Messung von Winkelgraden (Bennell et al., 1998). Aus diesem Grund wurde sich in der vorliegenden Studie für diesen Test entschieden.

Als Korrelat Steifheit der Achillessehne wurde der funktionelle Test nach Bennell von der Messperson durchgeführt (Bennell et al., 1998; Chissholm, 2012; Konor et al., 2012). Der Proband stand ohne Schuhe, Strümpfe und Bandagen in Schrittstellung frontal zur Wand. Das zu messende Bein stand vorne, wobei die Großzehe die Wand berühren sollte. Der Proband schob das Knie des vorderen Beines so weit nach vorne, dass die gleichseitige Ferse gerade nicht vom Boden abhob. Nun wurde der Abstand der Kniescheibe zur Wand in cm mit einem Minuszeichen dokumentiert. Bei kleineren oder endgradigen Einschränkungen im oberen Sprunggelenk bestimmte man den Zehe-Wand-Abstand. Die Ausgangsstellung war gleich so wie oben beschrieben. Der Proband sollte die Großzehe der betroffenen Seite auf dem Maßband so weit von der Wand entfernen, dass er bei stehender Ferse gerade noch die Wand mit dem Knie berührte. Das Maßband war fest auf dem Boden im rechten Winkel mit einem durchsichtigen Klebeband verklebt, 0 exakt an der Wand, so dass der Abstand genau auf dem Band abgelesen werden konnte. In der Endstellung markierte die Untersuchungsperson das Ende der Großzehe auf dem Maßband unter Zuhilfenahme eines Lineals mit einem Bleistift. Der Abstand wurde mit einem Pluszeichen dokumentiert.



Abbildung 2: Messung Bennell-Test

3.5.5 Messung Kraft bzw. Sprungkraft des Beines

Die Leistungsfähigkeit in Bezug auf das Sprungverhalten, Balance und Kraft wird mit dem Triple-Hop Distance Test ermittelt (Hamilton et al., 2008). Da die Weite eines Sprungs von verschiedenen Faktoren wie Kraft in verschiedenen Muskelgruppen, Koordination und Balance abhängig ist, zeigt sich ein Test mit drei Sprüngen wie der Triple-Hop-Distance Test klinisch nützlicher (Hamilton et al., 2008). Die Ergebnisse des Triple-Hop-Distance Test korrelieren stark mit dem Single-Jump Test (ein Sprung mit dem dominanten Bein), der isokinetischen Testung des M. quadriceps und Triceps surae Komplexes. Es besteht allerdings keine Beziehung zum BESS-Test (Hamilton et al., 2008). Eine gute Koordination scheint mit einer guten Sprungkraft nicht automatisch verbunden zu

sein (Hamilton et al., 2008). Bolgla und Keskula (1997) beschrieben den Triple- Hop- Distance Test als einen reliablen Test zur Messung der funktionellen Leistungsfähigkeit im Bein. Die Leistungsfähigkeit in Bezug auf das Sprungverhalten, Balance und Kraft wurde in der vorliegenden Studie nun anschließend mit dem Triple-Hop Distance Test ermittelt. Die Probanden führten den Test immer auf demselben ca. fünf Meter langen Abschnitt des Praxisflures durch. Ein Startpunkt war mit einem Klebeband am Boden markiert. Die Großzehe des Probanden stand direkt hinter der Startlinie. Ein fünf Meter langes Maßband lag ausgerollt seitlich, jeweils am Anfang und Ende mit Klebeband fixiert, auf einer Sprungbahn, die eine ungefähre Breite von 1,5 Metern aufweist. Der Proband sollte, wenn die Schmerzsituation sowie die innere Bereitschaft es zuließ, drei Maximalsprünge einbeinig aus dem Stand mit dem betroffenen Bein durchführen. Ein Armschwung war erlaubt. Der Untersucher dokumentierte die Distanz der drei Sprünge zusammen von der Startlinie bis zur Ferse nach dem letzten der drei Sprünge. Ein rechter Winkel wurde zwischen Ferse und Maßband zur Hilfe genommen, um das exakte Maß zu ermitteln. Verlor der Proband unter den drei Sprüngen das Gleichgewicht und veränderte so die Position der Landung, wurde der Test wiederholt. Die Probanden trugen ihre eigenen Sportschuhe bei dem Test.

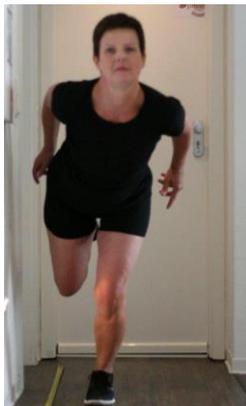


Abbildung 3: Triple-Hop-Test

Alle angewandten Testverfahren stellten Standardassessments dar und wurden hinsichtlich ihrer Validität und Reliabilität in diversen Studien geprüft (Aitken, 1969; Bell et al., 2011; Bennell et al., 1998; Bessler & Beyerlein, 2009; Hamilton et al., 2008; Hutchison et al., 2013; Murphy et al., 1987; Richter, Wippermann, Krettek, Schratt Hufner & Thermann, 2001; Robinson et al., 2001; Silbernagel et al., 2007; Thermann, Hufner, Schratt, Held & Tscherne, 1999). Alle geplanten Untersuchungen wurden nicht invasiv und auf freiwilliger Basis für die Probanden durchgeführt.

3.6 Ablauf der Messungen

Alle Probanden erhielten nach telefonischer Anmeldung und Einschluss in die Studie im Vorfeld ein umfassendes Informationsschreiben, aus dem alle relevanten Informationen in Bezug auf die

Studie zuzüglich ihrer individuellen Ersttermine hervorgingen. Beim Erstkontakt in der Praxis klärte die Messperson zunächst die Probanden noch einmal über die Studie auf und ließ die Teilnehmer im Anschluss die Patienteneinverständniserklärung unterschreiben. Die Behandlungsperson stand für evtl. Rückfragen ebenfalls zur Verfügung. Begonnen wurde mit dem Anamnesebogen, den die Messperson gemeinsam mit dem Probanden ausfüllte. Dazu gehörte die Feststellung der genauen Beschwerdesymptomatik an der Achillessehne, Alter, Gewicht, Größe, hauptsächlich getragene Schuhe in Alltag und Sport, betriebene Sportart sowie den Trainingsumfang pro Woche, Protokollierung der Schmerzmedikation, auch Spritzen mit Einnahmeintervall und Dosierung. Dies erfolgte vor der ersten und nach der letzten Behandlung. Anschließend begannen die Messungen der Schmerzen und Einschränkungen über VAS, danach VAS- FA und abschließend VISA-A jeweils vor der ersten und nach der letzten Behandlung nach vier Wochen. Die Messungen der Koordination erfolgten anschließend über den BESS-Test, dann die Mobilität des Sprunggelenkes über den Bennell Test (Bennell et al., 1998; Bessler & Beyerlein, 2009;) sowie final die Testung der Leistungsfähigkeit in Bezug auf das Sprungverhalten und Kraft mit dem Triple-Hop Distance Test. Bei beidseitig betroffenen Probanden wurden alle Tests und Fragebögen doppelt und beidseitig durchgeführt. Es wurden zwei Datensätze angelegt. Die Dokumentation aller Ergebnisse erfolgte im Anamnesebogen. Die Ergebnisse wurden dann später in die vorbereitete Microsoft® Excel Tabelle übertragen. Gemessen wurde von einer Mitarbeiterin der Praxis in Bremerhaven, bei der es sich stets um dieselbe Person handelte. Sie erledigte sämtliche Telefonate im Vorfeld der einzelnen Assessments mit den Probanden, stand für Fragen der Einverständniserklärung zur Verfügung und führte ebenfalls die Anamnesegespräche und die Tests durch. Es handelt sich um eine sehr gut geschulte Anmeldefachkraft (IHK) mit zusätzlich breitbandiger therapeutischer Ausbildung. Diese Ausbildung erstreckt sich auch auf den osteopathischen Bereich.

3.7 Randomisierung

Die gestaffelte Randomisierung in drei Gruppen erfolgte mittels Block- Randomisierung, bei der stets ein gleiches Verhältnis der drei Gruppen berücksichtigt wurde. Die Probanden zogen nach Abschluss aller o.g. Tests ein Los, auf dem sich die Ziffern zwischen eins und drei befanden. Probanden der Gruppe eins und zwei gingen nun zur Behandlungsperson. Die Probanden der Gruppe drei erhielten den Kontrolluntersuchungstermin nach vier Wochen.

Nach Abschluss von vier Wochen erschienen alle Probanden der drei Gruppen zu einer wiederholten Untersuchung in der Praxis. Das exzentrische Training der Gruppe zwei sollte am Vortag das letzte Mal durchgeführt werden. Das gesamte o.g. Prozedere wurde in derselben Reihenfolge (Befund- und Anamnesebogen, VAS, VISA-A, VAS- FA, BESS- Test, Bennell Test, Triple Hop Test) durch dieselbe Messperson durchgeführt, dokumentiert und später in die Excel Tabelle eingeführt.

Für beide Gruppen wurden Mittelwerte für alle gemessenen Parameter berechnet, welche anschließend verglichen wurden. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software IBM® SPSS®.

3.8 Interventionen

3.8.1 Manuelle Techniken (Gruppe eins)

Die Probanden erschienen im Zeitraum von vier Wochen in regelmäßigen Zeitabständen insgesamt achtmal zur Behandlung, bei der stets dasselbe Prozedere für ein Zeitfenster von ca. 20 Minuten durch dieselbe Behandlungsperson ablief. Sie sollten keine anderen Interventionen wie z.B. Dehnung, Kühlen, Salben etc. während des Studienzeitraums von vier Wochen ergreifen sowie ihren Trainingsumfang, Alltagsbelastung und Gewohnheiten nicht verändern. Die Eingangsuntersuchung, die vor jeder Behandlung durchgeführt wurde, beinhaltete zunächst eine allgemeine Observation, anschließend eine Beurteilung der aktiven Beweglichkeit des Beckens und der Lendenwirbelsäule im Stand im Seitenvergleich. Der Proband führte Bewegungen der Hüfte sowie der Wirbelsäule in Extension Flexion, Seitneigung und Rotation durch. Es existieren knöcherne Referenzpunkte, an denen sich die Behandlungsperson, auch mittels Palpation hierbei orientierte (Lawrence, 2001). Nun legte sich der Proband flach auf den Rücken auf die Behandlungsliege und der Behandler untersuchte zunächst aktiv dann passiv die maximale Bewegung der Hüfte in Flexion, Abduktion, Adduktion, Innenrotation und Außenrotation. Anschließend wurde das Kniegelenk maximal gebeugt und gestreckt und die Bewegung des Fußes in Pronation und Supination, sowie Dorsalextension und Plantarflexion durchgeführt. In Bauchlage wurde abschließend noch die Extension der Hüfte getestet. Alle aktiven und passiven Tests wurden im Seitenvergleich für den Patienten schmerzfrei durchgeführt. Es bedarf einer gewissen Erfahrung des Behandlers, physiologische und pathologische Grenzen der Beweglichkeit voneinander zu unterscheiden (Hansen, Simonsen & Leboeuf-Yde, 2006; Howell, Conaster, Williams, Burns & Eland, 2008) und Dysfunktionen präzise aufzuspüren (Howell et al., 2008), die bei der Behandlungsperson (Berufserfahrung seit 1994) vorliegt. In diesem Zusammenhang wurde stets ein Seitenvergleich durchgeführt. Es handelte sich um eine standardisierte Untersuchung, Anamnese, körperliche Untersuchung und spezialisierte Tests (Greenman, 2005; Lawrence, 2001).

Anschließend erfolgte eine manuelle Untersuchung der bei der aktiven und passiven Untersuchung auffälligen Regionen, um zu ermitteln, wo genau eine Störung der Gelenkfunktion zu finden war. Das Ziel war es, Dysfunktionen der Gelenke aufzuspüren (Lawrence, 2001). Eine Dysfunktion wurde an einer Schmerzhaftigkeit bzw. Druckschmerz des jeweiligen Gelenkes, Asymmetrien, verändertem Bewegungsausmaß und Strukturveränderungen, erhöhte Temperatur oder Verfärbung gegenüber anderer Hautareale des Bindegewebes erkannt (Lawrence, 2001). Schmerzhaftigkeit wurde mittels Palpation, Perkussion oder Provokationstests geprüft. Asymmetrien in Gelenken zeigten sich global, regional oder auch segmental. Palpation der Beweglichkeit zeigte eine gerin-

gere segmentale Beweglichkeit oder auch eine Hypermobilität. Häufig fand sich eine verringerte Beweglichkeit in einem Segment und kompensatorisch eine Hypermobilität in einem anderen umliegenden Segment. Zu palpierender erhöhter Muskeltonus war häufig die Folge (Lawrence, 2001; Greenman, 2005). Es werden die Finger sehr exakt, so nah wie möglich am Gelenk angesetzt und ein manuelles Gleiten beider Gelenkpartner durchgeführt. Ein physiologisches Endgefühl stellt sich fest- elastisch dar, währenddessen ein pathologisches Endgefühl eine Barriere spüren lässt (Good, 1985). Die Mobilität der Muskelfaszien, Bänder und Sehnen, Gefäße und Nerven sollte ebenfalls gewährleistet sein (Dishman, 1990). Wenn ein oder mehrere der beschriebenen pathologischen Kriterien (Asymmetrie, Schmerz, eingeschränkte segmentale Beweglichkeit, positiver Provokationstest) vorlagen, galt das jeweilige Gelenk als blockiert und wurde als solches im Behandlungsprotokoll (siehe Anhang), welches für jeden Probanden vorbereitet war, dokumentiert. In Betracht gezogen wurden alle Gelenke vom Becken bis zum Fuß (Art. lumbosakralis, Art. symphysis pubica, Art. sacrococcygea, Art. sacroiliaca dexter, Art. sacroiliaca sinister, Art. coxae dexter, Art. coxae sinister, Art. genus, Art. tibiofibularis prox., syndesmosis tibiofibularis dist., Art. talocruralis, Art. subtalaris, Art. talocalcaneonavicularis, Art. calcaneocuboidea, Art. talonavicularis, Funktionseinheit zwischen Os naviculare und Os cuboideum, Artt. cuneonaviculares, Art. cuneocuboidea, Artt. intercuneiformes, Artt. tarsometatarsales, Artt. metatarsophalangeae, Artt. intermetatarsales, Artt. interphalangeae prox., Artt. interphalangeae dist.).

Die Behandlung beinhaltete nun zunächst high velocity low amplitude (HVLA)- Techniken (Bicalho et al., 2010; Collaca et al., 2003; Ernest, 2006; Lau et al., 2010; Maigne & Vautravers, 2003; Pickar & Wheeler, 2001; Pickar, 2002; Sacher, Alt, Koch, Wuttke, Göhrmann, Krockner, et al., 2011; Song et al., 2006; Triano, 2001), die nach der Eingangsbefundung durchgeführt wurden. Alle Manipulationstechniken fanden direkt auf den Gelenken unter Ausübung eines Impulses in Richtung des Bewegungsverlustes auf der Behandlungsliege statt. Ziel der Techniken bestand darin, die Bewegungsbarriere zu lösen, um ein fest elastisches Endgefühl im entsprechenden Segment zu erhalten. Das Therapieergebnis wurde mit einer wiederholten Testung überprüft. Die Auswahl der Behandlungstechniken wurde an das klinische Bild des Patienten angepasst (Bischoff, 1999; Lawrence, 2001; von Heymann, 2013) und wurde, je nach Gelenk, in verschiedenen Ausgangsstellungen durchgeführt. Im Anhang befinden sich Bilder mit Beispielen der Manipulationstechniken von allen manipulierten Bereichen im Rahmen der Studie. Manipuliert wurden alle restriktiven Gelenke in der o.a. Reihenfolge.

Anschließend fand eine Behandlung mit der Auswahl manueller Behandlungstechniken (Behandlung der Faszien des Beckens, Ober- und Unterschenkels und Fußes) statt. Es wurden Fascia iliaca, Fascia iliopsoica, Fascia gluteae, Tractus iliotibialis et Fascia lata, Fascia poplitea, Fascia cruris, Membrana interossea, Fascia dorsalis pedis superficialis, das Retinaculum Mm. extensorum, Fascia dorsalis pedis profunda, Retinaculum Mm. flexorum pars superficialis, Retinaculum Mm. flexorum pars profunda, Plantarapeuneurose, die Faszie des M. soleus sowie die Hülle der

Achillessehne (Benjamin, 2009; Cheung & Zhang, 2004; Fairclough, Hayashi, Toumi, Lyons, Bydder, Phillips et al. 2006; Sarrafian, 1987; Vieira E.L., Viera, E.A., da Silva, Berlfein, Abdalla & Cohen, 2007; Vleeming, Pool-Goudzwaard, Stoeckart, van Wingerden & Snijders, 1995) mit einer den Restriktionen angepasster Geschwindigkeit und Druck, stets in derselben Reihenfolge behandelt. Die direkten Behandlungstechniken wurden unmittelbar auf der Faszie durchgeführt und beinhalteten Knet- und Drucktechniken bei den kleineren Faszien (Faszien im Fußbereich und Sprunggelenksbereich) sowie Gleit- und Druckbewegungen bei den größeren Faszien (Becken, Oberschenkel und Unterschenkel) (Ajimsha et al., 2015; Baird et al., 2014; Paoletti, 2001). Knet- und Drucktechniken behandelten mit kleinen rotierenden und dehnenden Bewegungen knotenartige Veränderungen in Faszien. Bei der Gleit- Druckbewegung glitt der Therapeut über die gesamte Faszie unter einem an das Gewebe angepassten Druck. Mitunter verharrte er an fixierten Stellen, bis die Entspannung des Gewebes zu spüren war (Paoletti, 2001). Die Faszientechniken wurden sehr präzise jeweils dreimal auf jeder Faszie exakt angewendet (Bilder siehe Anhang). Die Dauer und Intensität der einzelnen Technik richtete sich individuell an der zu behandelnden Faszie, bis sich die Läsion in der jeweiligen Behandlung löste (Paoletti, 2001). Auf stärker restriktiven Faszien wurde länger verharrt und die individuelle Schmerzgrenze des Probanden wurde berücksichtigt. Die Gesamtbehandlungszeit für die Manipulation und Faszienbehandlung betrug insgesamt ca. 20 Minuten, wobei der zeitliche Schwerpunkt stets auf der Behandlung der Faszien lag. Die Manipulationsbehandlung sollte zu keinem Zeitpunkt fünf Minuten überschreiten. Die restriktiven Faszien wurden ebenfalls vom Behandler im Behandlungsprotokoll dokumentiert. Auch die Beurteilung der Faszie in Läsion oblag einer subjektiven Einschätzung des Behandlers, bei der es sich aber stets um die dieselbe Person handelte. Klinische Zeichen waren Spannung, Schmerzhaftigkeit, Knötchen im Gewebe, fixierte Zonen, Ödeme oder eingeschränktes Gewebegleiten (Paoletti, 2001). Die Behandlung war für die Probanden zum Teil schmerzhaft. Der Therapeut befand sich aber im stetigen Dialog mit ihnen, um die individuelle Schmerzgrenze nicht zu überschreiten.

Die Untersuchung und Behandlung der Patienten wurde stets nach einem standardisierten Muster durchgeführt (Protokoll siehe Anhang), in das sämtliche Strukturen ab dem fünften Lendenwirbelkörper abwärts einbezogen wurden. Zunächst wurden die Gelenke global und anschließend segmental untersucht. Darauf folgte das Lösen der vorliegenden Blockaden. Im Anschluss wurden die faszialen Strukturen der Reihe nach (siehe Behandlungsprotokoll im Anhang) therapiert. Alle Interventionen fanden von zentral nach peripher statt, zunächst die Gelenkverbindungen, anschließend wurden die Faszien behandelt.

Für jeden Probanden aus der Gruppe eins lag nach Beendigung der Untersuchung ein vom Behandler ausgefüllter Behandlungsprotokollbogen vor. Die Ergebnisse wurden in einer separaten Microsoft® Excel Tabelle dokumentiert, um später die am häufigsten blockierten Gelenke und die am meisten betroffenen Faszien zu ermitteln.

3.8.2 Exzentrisches Training (Gruppe zwei)

Die Gruppe zwei erhielt das exzentrische Training zur Durchführung zu Hause, bei dem es sich um das Alfredson Originalprogramm handelte (Alfredson et al., 1998; Alfredson, 2014; Mafi et al., 2001; Norregaard et al., 2007; Rompe et al., 2007; Rompe et al.; 2008). Die Probanden wurden einzeln für ein Zeitfenster von ca. 20 Minuten umfassend in das Programm vom Behandler eingewiesen. Zunächst wurden kurz theoretische Grundlagen sowie der Ablauf der Übungen erklärt. Dann übte der Proband das Training, bis die Durchführung fehlerfrei funktionierte. Der Behandler stellte dies sicher und wies die Probanden an, das Training, bei dem 3x15 Wiederholungen exzentrischer Muskelarbeit auf einer Stufe mit gestrecktem Knie sowie 3x15 Wiederholungen mit leicht gebeugtem Knie absolviert wurden, durchzuführen. Jedes einzelne Absenken der Ferse sollte drei Sekunden dauern. Das konzentrische Hochdrücken auf der Stufe wurde jeweils über das volle Bewegungsausmaß des oberen Sprunggelenkes mit dem gesunden Bein durchgeführt (bei beidbeinig betroffenen Probanden beidseitig). Probanden mit einer Ansatzsehnentendinopathie sollten aus der vollen Plantarflexion jeweils nur bis zum Winkel von 90° absenken (Alfredson, 2014). Die Übungen wurden zweimal täglich erledigt. Das Festhalten an einem Geländer oder anderen festen Gegenständen war erlaubt. Die Probanden wurden darauf hingewiesen, dass es insbesondere an den ersten Tagen der Übung zur Erstverschlechterung kommen kann. Der Behandler stellte sicher, dass keine Fragen zum Training offen blieben und wies noch einmal auf die jederzeitige Möglichkeit hin, telefonisch Rückfragen beim Behandler zu stellen oder einen erneuten Termin abzusprechen, sollten etwaige Probleme oder Unklarheiten auftreten. Die Probanden erhielten zum Abschluss der Einweisung einen Protokollbogen, auf dem sie die täglichen Übungen dokumentierten. Es wurde noch einmal eindringlich auf die Notwendigkeit hingewiesen, das Training im Untersuchungszeitraum konsequent zweimal täglich durchzuführen, da sonst eine Studienteilnahme nicht möglich wäre. Dieser Bogen sollte ausgefüllt zum Kontrolluntersuchungstermin nach vier Wochen wieder mitgebracht werden. Im Anhang befinden sich Bilder, die das exzentrische Training zeigen, welches im Rahmen der Studie verwendet wurde.

3.8.3 Kontrollgruppe (Gruppe drei)

Teilnehmer der Kontrollgruppe erhielten vier Wochen keine therapeutische Intervention. Die Messperson gab den Probanden einen erneuten Untersuchungstermin nach vier Wochen und wies darauf hin, Belastungen der Achillessehne wie Sportumfang nicht zu verändern und keiner therapeutischen Intervention im Verlauf der nächsten vier Wochen nachzugehen.

3.9 Statistik

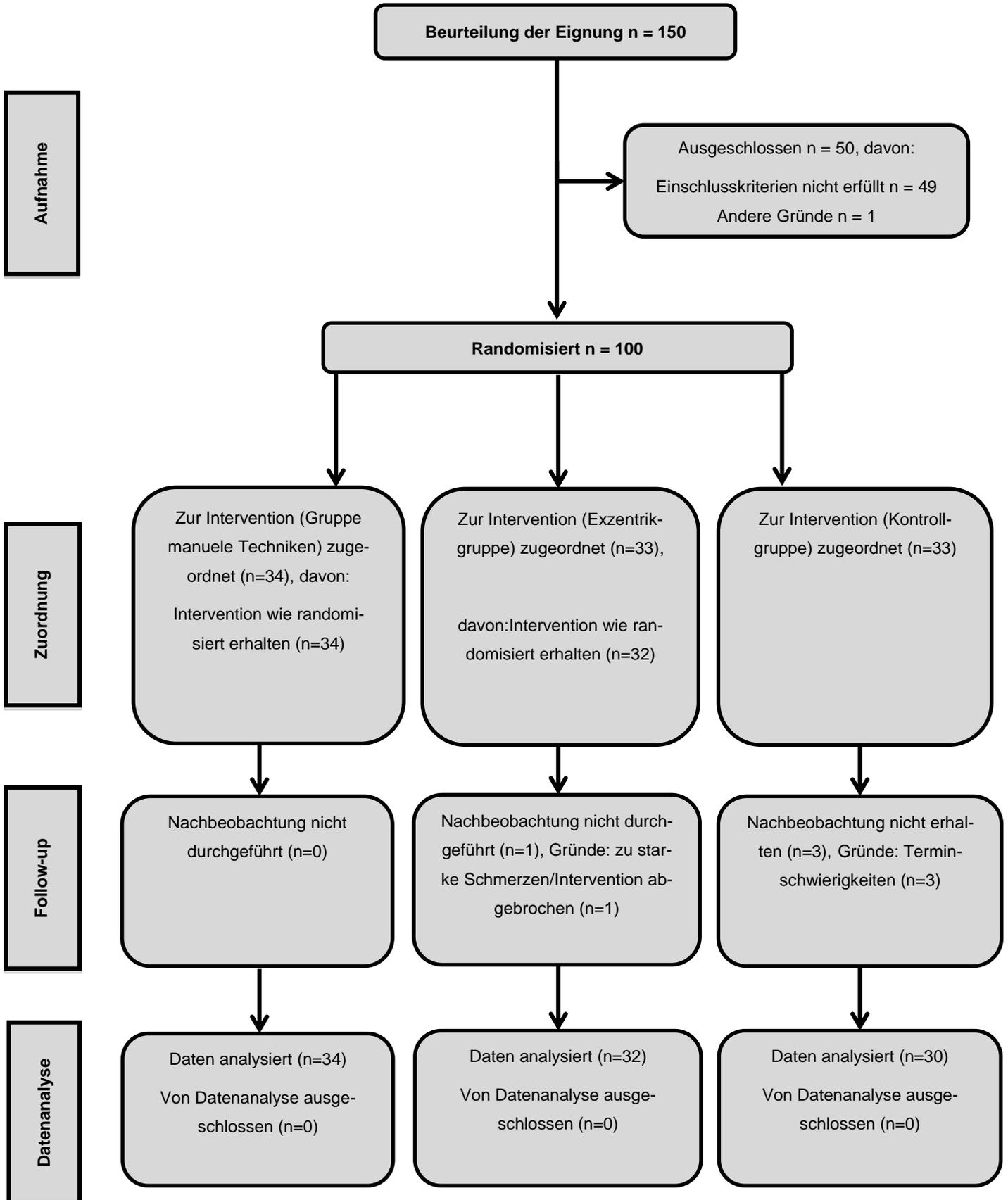
Für alle Parameter wurden die Mittelwerte sowie Standardabweichungen berechnet und der minimale und maximale Wert angegeben. In den Tabellen wurden Mittelwerte und Standardabweichungen angegeben. Unterschiede (Mittelwertdifferenzen) zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten wurden mittels einer ANCOVA mit Messwiederholung auf ihre Signifikanz hin untersucht. Es wurden die abhängigen Variablen definiert (Outcomes), um Faktoren und Kovarianten zu berücksichtigen. Mittels Chi-Quadrat Tests wurde die Abhängigkeiten wie z.B. Gruppe, Geschlecht, Alter, Größe, Gewicht, die Symptomlokalisierung oder den Sportumfang erfasst.

Mögliche Effekte zwischen den Untersuchungen wurden auf ihre Signifikanz hin untersucht. Für die drei Gruppen wurden für alle sechs der angewendeten Testverfahren posthoc Tests durchgeführt, um die Signifikanzen (p-Werte) der Ergebnisse zu ermitteln. Lag eine Normalverteilung für den jeweiligen Parameter vor, wurden die Unterschiede zwischen den Untersuchungszeitpunkten mit der Varianzanalyse für verbundene Stichproben auf seine Signifikanz hin untersucht. Als signifikant gelten Ergebnisse von $p < 0,05$ und $\geq 0,01$, als hoch signifikant Ergebnisse von $p < 0,01$. Nicht signifikante Ergebnisse ($p \geq 0,05$) werden im Ergebnisteil entsprechend als n.s. (nicht signifikant) gekennzeichnet.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft® Excel in der Version 2003 und dem Statistikprogramm IBM® SPSS® in der Version 19.0.

4 Ergebnisse

4.1 Study Flow CONSORT-Flussdiagramm



4.2 Probandenübersicht und Baseline-Ergebnisse

In Folge des Probandenaufufes durch die lokalen Medien, Aushänge und Anschreiben an Netzwerkpartner meldeten sich 150 Personen, um an der Studie teilzunehmen. Einige davon konnten aufgrund fehlender Einschlusskriterien nicht aufgenommen werden. Häufigste Ausschlusskriterien waren eine voroperierte Sehne oder nicht zutreffendes Einschlussalter des Probanden. Es nahmen schließlich insgesamt 57 Frauen und 43 Männer an der Studie teil. In den Gruppen verteilte sich das Verhältnis wie folgt: Gruppe manuelle Techniken: 22 Frauen und 12 Männer, Exzentrikgruppe: 20 Frauen und 13 Männer, Kontrollgruppe: 15 Frauen und 18 Männer.

Tabelle 2: Probandenübersicht und Baseline-Ergebnisse

	Manuelle Techniken Gruppe	Exzentrikgruppe	Kontrollgruppe	Signifikanz (p-Wert)
Alter (Jahre)	50,2 ± 6,6	48,3 ± 6,4	48,6 ± 6,0	n.s.
Minimum	36	35	35	
Maximum	60	57	60	
Gewicht (kg)	82,2 ± 13,0	86,5 ± 19,3	83,2 ± 15,9	n.s.
Minimum	59	53	52	
Maximum	124	130	126	
Größe (cm)	173,3 ± 8,2	174,9 ± 8,0	177,0 ± 8,9	n.s.
Minimum	160	163	162	
Maximum	198	190	193	
Beschwerden (Jahre)	3,80 ± 4,04	3,75 ± 4,54	3,59 ± 4,48	n.s.
Lokalisation				n.s.
Midportion	24	25	29	
Ansatz	10	8	4	
Voroperation				n.s.
Knie	5	1	1	
Hüfte	1	0	0	
Medikamente				n.s.
Schmerzmittel	1	1	0	
Schilddrüsenhormone	5	1	3	
Blutdrucksenker	0	2	2	

Ergebnisse

Sportumfang (Std./Wo.)		4,12 ± 3,1	3,36 ± 2,04	3,55 ± 6,0	n.s.
	Minimum	0	0	0	
	Maximum	15	8	8	
Bevorzugte Sportart					n.s.
	Laufen	18	8	10	
	Walken	5	6	4	
	Fitness	2	5	2	
Sportschuhe					n.s.
	Laufschuhe	19	9	17	
	Sportschuhe	12	18	8	
	Fußballschuhe	1	1	2	
Schuhe Alltag					n.s.
	Halbschuhe	23	18	19	
	Sneaker	2	2	2	
	Sicherheitsschuhe	1	2	3	
	Schuhe mit Einlagen	1	3	2	
	Schuhe mit Absatz	3	2	2	
	Sportschuhe	4	6	5	

Die drei Behandlungsgruppen unterschieden sich vor Beginn der Studie, wie aus der Probandenübersichtstabelle zu ersehen, nicht signifikant voneinander.

Vier Probanden, von denen einer der Gruppe mit dem exzentrischen Training und drei der Kontrollgruppe angehörten, brachen die Studie ab. Der Proband der Gruppe mit dem exzentrischen Training gab nicht zu tolerierende Schmerzen im Bereich der Achillessehne an. Die drei Probanden der Kontrollgruppe konnten ihrerseits aus terminlichen Gründen den Kontrolluntersuchungstermin nicht einhalten. Drei Probanden (jeweils einer pro Gruppe) verzichteten auf den 3- Hop-Test beim ersten Messzeitpunkt und zwei weitere der Kontrollgruppe beim Retest, da sie sich den Test nicht zutrauten oder es ihre zu starken Beschwerden nicht zuließen. Ein Proband verletzte sich bei der Eingangsuntersuchung während des Triple-Hop-Tests, so dass er nicht randomisiert wurde und nicht in die Studie aufgenommen wurde.

4.2.1 Visuelle Analog Skala Messung

Für die Schmerzsituation (beurteilt durch die VAS Mittelwert der vergangenen drei Tage, 0 = Beschwerdefreiheit, 10 = maximale Beschwerden) zeigt sich im Vergleich vom ersten zum letzten Messpunkt und somit im Verlauf der Studie für die Gruppe, welche die manuellen Techniken erhielt, eine Verbesserung von $-4,28 \pm 1,84$ ($p < 0,01$), für die Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, $-1,96 \pm 1,61$ ($p < 0,01$) und für die Kontrollgruppe keine Veränderung ($-0,20 \pm 0,75$, n.s.). Bei der ersten VAS Messung ergab die Varianzanalyse einen Gruppenunterschied zwischen den drei Gruppen von $p < 0,01$.

Tabelle 3: Ergebnisse VAS in Punkten (minimal 0, maximal 10) der zwei Untersuchungszeitpunkte

Gruppe		VAS Score vor der ersten Behandlung	VAS Score nach der letzten Behandlung	Signifikanzniveau erste vs. letzte Behandlung
Manuelle Techniken Gruppe	Mittelwert	6,09 ± 1,63	1,81 ± 1,45	p < 0,01
	Veränderung in %		-70,28	
	Maximum	8,50	5,60	
	Minimum	1,50	0	
Exzentrikgruppe	Mittelwert	5,77 ± 1,89	4,01 ± 2,07	p < 0,01
	Veränderung in %		-30,50	
	Maximum	10,00	9,00	
	Minimum	2,10	1,00	
Kontrollgruppe	Mittelwert	4,67 ± 1,85	4,49 ± 1,97	n.s.
	Veränderung in %		-3,85	
	Maximum	7,90	7,90	
	Minimum	1,00	1,00	

Tabelle 4: p-Werte der Post-Hoc-Test Gruppenvergleiche VAS

	Manuelle Techniken Gruppe	Exzentrikgruppe	Kontrollgruppe
Manuelle Techniken Gruppe	X	p < 0,01	p < 0,01
Exzentrikgruppe	p < 0,01	x	p < 0,01
Kontrollgruppe	p < 0,01	p < 0,01	x

4.2.2 Victorian Institute of Sports Assessment Achilles Messung

Für das Gesamtbild über typische Beschwerden bei Achillessehnentendinopathie (beurteilt durch den VISA-A Bogen, optimaler Score bei Beschwerdefreiheit 100), zeigt sich im Vergleich vom ersten zum letzten Messpunkt und somit im Verlauf der Studie für die Gruppe, welche die manuellen Techniken erhielt, eine Verbesserung von $15,97 \pm 15,15$ Punkten ($p < 0,01$), für die Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, von $3,53 \pm 8,52$ Punkten ($p < 0,05$) und für die Kontrollgruppe keine Änderung ($2,77 \pm 4,68$ Punkte, n.s.).

Tabelle 5: VISA-A-Ergebnisse in Punkten (minimal 0, maximal 100) der zwei Untersuchungszeitpunkte

Gruppe		VISA-A Score vor der ersten Behandlung	VISA-A Score nach der letzten Behandlung	Signifikanzniveau erste vs. letzte Behandlung
Manuelle Techniken Gruppe	Mittelwert	61,38 ± 18,98	77,65 ± 14,72	p < 0,01
	Veränderung in %		26,51	
	Maximum	96,00	100,00	
	Minimum	22,00	46,00	
Exzentrikgruppe	Mittelwert	71,24 ± 20,70	74,25 ± 21,93	p < 0,05
	Veränderung in %		4,23	
	Maximum	96,00	97,00	
	Minimum	18,00	21,00	
Kontrollgruppe	Mittelwert	66,21 ± 20,15	67,37 ± 20,10	n.s.
	Veränderung in %		1,75	
	Maximum	96,00	97,00	
	Minimum	30,00	32,00	

Tabelle 6: p-Werte der Post-Hoc-Test Gruppenvergleiche VISA-A

	Manuelle Techniken Gruppe	Exzentrikgruppe	Kontrollgruppe
Manuelle Techniken Gruppe	X	p < 0,01	p < 0,01
Exzentrikgruppe	p < 0,01	x	p = 0,33 (n.s.)
Kontrollgruppe	p < 0,01	p = 0,33 (n.s.)	x

4.2.3 Analog Score Foot and Ankle Messung

Für die Schmerzsituation (beurteilt durch die VAS-FA, optimaler Score bei Beschwerdefreiheit 0 und maximaler Score 100) zeigt sich im Vergleich vom ersten zum letzten Messpunkt und somit im Verlauf der Studie für die Gruppe, welche die manuellen Techniken erhielt, eine Verbesserung von $-18,36 \pm 12,57$ Punkten ($p < 0,01$), für die Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, von $-4,75 \pm 4,92$ Punkten ($p < 0,01$) und für die Kontrollgruppe keine Veränderung ($-0,44 \pm 1,84$, n.s.).

Tabelle 7: VAS-FA-Ergebnisse in Punkten (minimal 0, maximal 100) der zwei Untersuchungszeitpunkte

Gruppe		VAS-FA Score vor der ersten Behandlung	VAS-FA Score nach der letzten Behandlung	Signifikanzniveau erste vs. letzte Behandlung
Manuelle Techniken Gruppe	Mittelwert	34,00 ± 11,78	15,63 ± 7,50	p < 0,01
	Veränderung in %		-54,03	
	Maximum	67,50	30,60	
	Minimum	18,95	0	
Exzentrikgruppe	Mittelwert	28,30 ± 9,37	23,97 ± 8,25	p < 0,01
	Veränderung in %		-15,30	
	Maximum	53,85	47,40	
	Minimum	16,30	12,20	
Kontrollgruppe	Mittelwert	30,67 ± 13,97	30,32 ± 14,97	n.s.
	Veränderung in %		-1,17	
	Maximum	72,00	73,00	
	Minimum	13,55	11,75	

Tabelle 8: p-Werte der Post-Hoc-Test Gruppenvergleiche VAS-FA

Manuelle Techniken Gruppe Exzentrikgruppe Kontrollgruppe

Manuelle Techniken Gruppe	X	p < 0,01	p < 0,01
Exzentrikgruppe	p < 0,01	x	p = 0,05 (n.s)
Kontrollgruppe	p < 0,01	p = 0,05 (n.s.)	x

4.2.4 Balance Error Scoring System Test

Für die Balancefähigkeit (beurteilt durch des BESS- Test) zeigt sich im Vergleich vom ersten zum letzten Messpunkt und somit im Verlauf der Studie für die Gruppe, welche die manuellen Techniken erhielt, eine Verbesserung von $-4,44 \pm 5,19$ Fehlerpunkte ($p < 0,01$), für die Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, $-1,61 \pm 2,46$ Fehlerpunkte ($p < 0,05$) und für die Kontrollgruppe keine Änderung ($-0,13 \pm 1,20$, n.s.).

Tabelle 9: BESS-Test-Ergebnisse Fehlerscore der zwei Untersuchungszeitpunkte

Gruppe		BESS Score vor der ersten Behandlung	BESS Score nach der letzten Behandlung	Signifikanzniveau erste vs. letzte Behandlung
Manuelle Techniken Gruppe	Mittelwert	14,82 ± 6,04	10,20 ± 6,13	p < 0,01
	Veränderung in %		-31,17	
	Maximum	30,00	26,00	
	Minimum	6,00	2,00	
Exzentrikgruppe	Mittelwert	15,03 ± 5,64	13,52 ± 6,11	p < 0,05
	Veränderung in %		-10,05	
	Maximum	33,00	33,00	
	Minimum	7,00	2,00	
Kontrollgruppe	Mittelwert	12,42 ± 4,82	12,13 ± 4,60	n.s.
	Veränderung in %		-2,34	
	Maximum	25,00	25,00	
	Minimum	6,00	4,00	

Tabelle 10: p-Werte der Post-Hoc-Test Gruppenvergleiche BESS-Test

ManuelleTechni- Exzentrikgruppe Kontrollgruppe
ken Gruppe

Manuelle Techniken Gruppe	X	p < 0,05	p < 0,01
Exzentrikgruppe	p < 0,05	x	p = 0,17 (n.s.)
Kontrollgruppe	p < 0,01	p = 0,17 (n.s.)	x

4.2.5 Bennell Test

Für die Beweglichkeit des Sprunggelenkes (beurteilt durch den Bennell Test) zeigt sich im Vergleich vom ersten zum letzten Messpunkt und somit im Verlauf der Studie für die Gruppe, welche die manuellen Techniken erhielt, eine Verbesserung von $2,17 \pm 1,37$ cm ($p < 0,01$), für die Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, von $1,07 \pm 1,32$ cm ($p < 0,01$) und für die Kontrollgruppe keine Änderung ($0,26 \pm 0,79$ cm, n.s.). Für alle Probanden konnte die Messung Großzehe zur Wand genutzt werden, da keiner der Probanden eine so große Einschränkung in der Dorsalextension des oberen Sprunggelenkes hatte, dass der Abstand Knie zur Wand gemessen werden musste.

Tabelle 11: Bennell-Test-Ergebnisse (gemessen in cm) der zwei Untersuchungszeitpunkte

Gruppe		Bennell Test (in cm) vor der ersten Behandlung	Bennell Test (in cm) nach der letzten Behandlung	Signifikanzniveau erste vs. letzte Behandlung
Manuelle Techniken Gruppe	Mittelwert	9,85 ± 3,53	12,03 ± 3,20	p < 0,01
	Veränderung in %		22,13	
	Maximum	16,30	17,40	
	Minimum	1,80	3,00	
Exzentrikgruppe	Mittelwert	10,60 ± 3,19	11,90 ± 2,90	p < 0,01
	Veränderung in %		12,26	
	Maximum	17,50	19,30	
	Minimum	3,00	6,20	
Kontrollgruppe	Mittelwert	10,67 ± 3,80	11,12 ± 3,80	n.s.
	Veränderung in %		4,22	
	Maximum	17,80	18,70	
	Minimum	3,00	3,5	

Tabelle 12: p-Werte der Post-Hoc-Test Gruppenvergleiche Bennell Test

Manuelle Techniken Gruppe Exzentrikgruppe Kontrollgruppe

Manuelle Techniken Gruppe	X	p < 0,05	P < 0,01
Exzentrikgruppe	p < 0,05	x	p=0,11 (n.s.)
Kontrollgruppe	p < 0,01	p=0,11 (n.s.)	x

4.2.6 Triple-Hop-Test

Für die Sprungkraft (beurteilt durch den Triple-Hop-Test) zeigt sich im Vergleich vom ersten zum letzten Messpunkt und somit im Verlauf der Studie für die Gruppe, welche die manuellen Techniken erhielt, eine Verbesserung von $38,44 \pm 38,10$ cm ($p < 0,01$), für die Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, von $19,95 \pm 31,21$ cm ($p < 0,05$) und für die Kontrollgruppe keine Änderung ($2,76 \pm 10,33$ cm, n.s.). Insgesamt absolvierten 97 Probanden den Triple-Hop-Test vor der ersten Behandlung (33 Probanden Gruppe, die manuelle Techniken erhielt, 32 Probanden jeweils der Gruppe mit dem exzentrischen Training und der Kontrollgruppe). Den Retest nach vier Wochen absolvierten noch 90 Probanden (33 Probanden Gruppe, die manuelle Techniken erhielt, 30 Probanden Gruppe mit dem exzentrischen Training und 27 Probanden der Kontrollgruppe).

Tabelle 13: Triple-Hop-Test-Ergebnisse (in cm) der zwei Untersuchungszeitpunkte

Gruppe		Triple-Hop-Test (in cm) vor der ersten Behandlung	Triple-Hop-Test (in cm) nach der letzten Behandlung	Signifikanzniveau erste vs. letzte Behandlung
Manuelle Techniken Gruppe	Mittelwert	252,49±97,60	296,99±108,67	p < 0,01
	Veränderung in %		17,62	
	Maximum	450,00	528,00	
	Minimum	96,00	125,00	
Exzentrikgruppe	Mittelwert	269,92±69,88	296,60±67,94	p < 0,05
	Veränderung in %		9,88	
	Maximum	383,00	405,00	
	Minimum	130,00	147,50	
Kontrollgruppe	Mittelwert	281,94±104,70	297,39±84,90	n.s.
	Veränderung in %		5,48	
	Maximum	411,00	415,00	
	Minimum	30,00	131,00	

Tabelle 14: p-Werte der Post-Hoc-Test Gruppenvergleiche Triple-Hop-Test

	Manuelle Techniken Gruppe	Exzentrikgruppe	Kontrollgruppe
Manuelle Techniken Gruppe	X	p = 0,23 (n.s.)	p < 0,01
Exzentrikgruppe	p = 0,23 (n.s.)	x	p = 0,14 (n.s.)
Kontrollgruppe	p < 0,01	p = 0,14 (n.s.)	x

4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei der Testung auf Normalverteilung ergaben sich bei Ausgangswerten, Tests und Fragebögen keine signifikanten Unterschiede der Gruppen. Lediglich die VAS-Messung wies zu Beginn der Studie einen Gruppenunterschied auf ($p < 0,01$).

Die Interventionsgruppe, die die manuellen sowie faszialen Techniken erhielt, verbesserte sich bei allen gemessenen Parametern (VAS, VISA-A, VAS- FA, BESS, Bennell, 3-Hop- Test) im Vergleich vom ersten zum letzten Messpunkt und somit im Verlauf der Studie signifikant (jeweils $p < 0,01$), währenddessen sich die Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, ebenfalls signifikant verbesserte ($p < 0,01$ bis $p < 0,05$). Die Kontrollgruppe veränderte sich im Verlauf der Studie nicht signifikant.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse im Vergleich der Gruppen zueinander vor der ersten und nach der letzten Behandlung ergaben sich insgesamt signifikante Änderungen aller gemessener Parameter (VAS, VISA-A, VAS- FA, BESS, Bennell, 3-Hop- Test) der Interventionsgruppe, die die manuelle und fasziale Kombinationstherapie erhielt, gegenüber der Kontrollgruppe (jeweils $p < 0,01$). Die Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, zeigte am Ende der Studie gegenüber der Kontrollgruppe lediglich für die VAS Messung eine signifikante Verbesserungen ($p < 0,01$). Bei der Gegenüberstellung der beiden Interventionsgruppen wurde ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) für die VAS, VISA-A, VAS- FA, BESS und Bennell Tests zugunsten der Gruppe, die die manuellen Techniken erhielt, festgestellt. Die Triple- Hop- Test fiel zwischen den beiden Gruppen gleich aus.

5 Diskussion

5.1 Allgemeine Diskussion

Die Auswirkungen exzentrischen Trainings versus osteopathischen Techniken des Fußes und Beines auf die Symptomatik bei Patienten mit Achillessehnentendinopathie wurden im vorliegenden Forschungsvorhaben untersucht. Bisher lag eine breite Evidenz für die Effekte exzentrischen Trainings nach 12 Wochen vor (Alfredson et al., 1998; Fahlström et al., 2003; Knobloch et al., 2007; Knobloch, 2008; Mafi et al., 2001; Norregaard et al., 2007; Rompe et al., 2007; Rompe et al., 2008). Auch in dieser Studie wurden signifikant positive Effekte nach einem Zeitfenster von vier Wochen auf die Schmerzsituation (VAS, VAS-FA) als auch auf die Funktionalität (VISA-A, BESS, Bennell, Triple- Hop) der Probanden erneut bestätigt. Auf der Basis systematischer Reviews und randomisiert kontrollierter Studien wurde die Vermutung angestellt, dass manuelle, auf Gelenke wirkende Techniken (Bicalho et al., 2010; Bronfort et al., 2010; Colloca et al., 2003; Ernest, 2006; Keller, Colloca & Gunzburg, 2003; Lau et al., 2010; Maigne & Vautravers, 2003; Pickar, 2002; Triano, 2001) in Kombination mit faszialen Behandlungstechniken (Findley, 2009; Howell et al., 2006; Simmonds et al., 2012; van der Wal, 2009; Yücesoy & Huijing, 2007), zu einer schnelleren Reduktion der Beschwerden führen können. Vor allem für Sportler ist ein langes Zeitfenster der Therapie mittels des exzentrischen Trainings ohne sportartspezifisches Training eine unbefriedigende Lösung (Saxena, 2000), so dass die Evaluation alternativer und schneller wirkender Therapiestrategien nach wie vor notwendig ist. Bis heute liegen keine Studien vor, die die Effektivität einer Kombinationstherapie von Manipulationsbehandlungen und faszialer Therapie bei Probanden mit Achillessehnenbeschwerden verglichen haben. Es liegen lediglich Untersuchungen vor, die entweder High Velocity Low Amplitude- Techniken (Bicalho et al., 2010; Maigne & Vautravers, 2003; Pickar, 2002) oder vereinzelt Studien über die Wirksamkeit von Faszientechniken (Ajimsha et al., 2015; Baird et al., 2014; Howell et al., 2006) untersucht haben. Somit ließen sich bislang keine Rückschlüsse auf Effekte einer Kombinationstherapie auf die Behandlung von Achillessehnentendinopathie ziehen. Die mittels dieser Studie gewonnenen Ergebnisse können so für die Entwicklung von Therapieleitlinien hinsichtlich der Behandlung von Achillessehnentendinopathie beitragen.

Die Hypothesen der vorliegenden Studie, eine osteopathische Kombinationsbehandlung ist über einen Zeitraum von vier Wochen bei Patienten mit chronischer Achillessehnentendinopathie effektiver zur Reduktion von Schmerzen und verbessert deutlicher die Funktionalität der Sehne als ein exzentrisches Training oder keine Intervention zu geben, werden durch die vorliegenden Resultate gestützt. Die Gruppe, die eine manuelle Behandlung erhielt, zeigte signifikante Effekte hinsichtlich der Verbesserung der Schmerzsymptomatik, Steifheit und der sensomotorischen Fähigkeiten gemessen über VAS, VISA-A, VAS-FA, BESS Test und dem Bennell Test gegenüber der Exzentrik-

gruppe. Die signifikanten Ergebnisse deuten darauf hin, dass die manuell osteopathische Behandlung über einen Zeitraum von vier Wochen effektiver ist als das exzentrische Training.

Alfredson (2014) beschreibt eine signifikant verbesserte Faserstruktur sowie eine verminderte Neovaskularisation durch exzentrisches Training, was bei der vorliegenden Studie Ursache für die Effekte des exzentrischen Trainings sein könnte (Öhberg & Alfredson, 2004). Die schmerzfreie Achillessehne wird sonographisch nachgewiesen dünner und ähnelt nach der Therapie in ihrem strukturellen Aufbau einer gesunden Sehne (Kvist, 1994). Die Gefäßneubildung, die Neovaskularisation, nimmt durch den mechanischen Reiz des Trainings ab und so möglicherweise auch die Kompression auf die Nervenfasern (Öhberg et al., 2004). Diese Nerven befinden sich im Fettgewebe, währenddessen die innere Achillessehne normalerweise nicht sensibel innerviert ist (Ackermann, Lundberg & Kreichsbergs, 2003; Alfredson, 2014). Die äußere Hülle verfügt über sensorische und sympathische Nervenfasern, so dass Veränderungen in diesem Bereich zu einer Schmerzreduktion führen könnten. Bei einer gereizten Sehne sprießen die Nerven in die Sehne ein und verursachen den Schmerz (Ackermann et al., 2003). Alfredson (2014) nimmt an, dass es dadurch häufig zunächst zu einer Erstverschlechterung kommt (Alfredson, 2014). In der Folgezeit nehmen die Schmerzen dann deutlich ab, wie neben der vorliegenden Studie auch die Untersuchungen von Alfredson et al. (1998), Fahlström et al. (2003), Knobloch et al. (2007), Knobloch (2008), Mafi et al. (2001), Norregaard et al. (2007), Rompe et al. (2007), Rompe et al. (2008) zeigen.

Die osteopathische Faszienlehre geht davon aus, dass Faszien Druck und Kraft übertragen können und eine restriktionsfreie Beweglichkeit die Basis für eine gute Funktionalität des Bewegungsapparates darstellt (van der Wal, 2010). Traumata oder funktionelle Einschränkungen im Faszien-gewebe führen zu Kollagenveränderung durch Ausschüttung inflammatorischer Zytokine, Ablage-rung von Glykosaminoglykanen sowie Vermehrung von Lymphozyten und Kalkeinlagerungen (Bednar, Drew, Orr, William, Simon & Gerard, 1995). Dadurch verkleben die Faszien und es kommt zu einem gestörten Gewebegleiten (Threlkeld, 1992). Die in der Studie gewählte fasziale Behandlung sollte dieses Gleiten wieder aktivieren (Paoletti, 2001), die Durchblutung anregen und einen regu-lierenden Einfluss auf das sympathische Nervensystem nehmen (Benjamin, 2009; Tesarz, Hohei-sel & Mense, 2009). Schleip (2003) spekuliert, dass das zentrale Nervensystem den Tonus der Faszien reguliert und dass eine Wechselwirkung besteht. Es wird vermutet, dass die Kontraktions-fähigkeit der Muskulatur und des Sehnengewebes durch erhöhten Druck des Faszien-gewebes eingeschränkt sein kann (Christian, Stanton, Sissons, How, Jamison, Adler, et al. 1988), was unter anderem auch Ursache für die schmerzhafte Achillessehnentendinopathie sein könnte. Die ange-wendete Form der Therapie zielt auf die Reduktion dieses Druckes ab und führt daher möglicher-weise zu einer Schmerzreduktion. Christian et al. (1988) zeigten die Ausschüttung von Neuropep-tiden nach faszialer Triggerpunktbehandlung und Manipulationen der Wirbelsäule. Im Verlauf der Studie stieg der Cortisolspiegel, währenddessen ebenfalls eine ACTH oder Betaendorphinanhe-bung zu verzeichnen war. So gehen die Autoren davon aus, dass diese manuelle Therapieform

Einfluss auf die Neurostressachse des Hypothalamus oder des autonomen Nervensystems nehmen. Durch diesen neurophysiologischen Zusammenhang des Cortisol und ACTH Anstiegs scheint der positiv schmerzlindernde Effekt der manuellen Behandlung in der vorliegenden Studie erklärbar (McPartland, Giuffrida, King, Skinner, Scotter & Musty, 2005). Simmonds et al. (2012) beschreiben zelluläre Veränderungen im Fasziengewebe nach ungefähr 21 Minuten.

Zusätzlich wurden in der vorliegenden Untersuchung alle Gelenke des Beines und Fußes in die therapeutische Intervention der Gruppe, die manuelle Techniken erhielt, mit einbezogen (Lawrence, 2001). Die Effektivität von Manipulationstechniken belegen viele Studien, die auch hier als theoretische Grundlage dienen (Bicalho et al., 2010; Collaca et al., 2003; Ernest, 2006; Lau et al., 2010; Maigne & Vautravers, 2003; Pickar & Wheeler, 2001; Pickar, 2002; Sacher et al., 2011; Song et al., 2006; Triano, 2001). Zahlreiche klinische Studien zur manuellen Mobilisation und Manipulation der Gelenkstrukturen des Beines und Fußes wurden ebenfalls durchgeführt (Brantingham et al., 2012; Hoskins et al., 2006). Es zeigten sich positive Effekte bei der Anwendung beim patellaren Schmerzsyndrom, Plantarfaszitis und Inversionstraumen des Sprunggelenkes, was auch auf eine positive Einwirkung bei Tendopathien der Achillessehne rückschließen lässt. Weitere Studien mit einer höheren Fallzahl von Probanden sind besonders für Strukturen des Beines und Fußes nötig (Brantingham et al., 2012).

Insgesamt scheint sowohl der auf die Sehne begrenzte physiologische Effekt sowie der Trainingseffekt besonders auf den M. triceps surae des exzentrischen Trainings (Alfredson et al., 1998; Fahlström et al., 2003; Knobloch et al., 2007; Knobloch, 2008; Mafi et al., 2001; Norregaard et al., 2007; Öhberg et al., 2004; Rompe et al., 2007; Rompe et al., 2008) als auch der manuelle Ansatz, der das umliegende Gewebe befreien soll (Bicalho et al., 2010; Bronfort et al., 2010; Colloca et al., 2003; Ernest, 2006; Findley, 2009; Howell et al., 2006; Keller et al., 2003; Lau et al., 2010; Maigne & Vautravers, 2003; Pickar, 2002; Simmonds et al., 2012; Triano, 2001; van der Wal, 2009; Yücesoy & Huijing, 2007), erfolgsversprechend zu sein. Die vorliegende Studie gibt Grund zu der Annahme, dass eine Kombinationstherapie der beiden angewendeten Therapieformen optimierte Ergebnisse bezogen auf Schmerzreduktion, erweiterte Mobilität des Sprunggelenkes, eine verbesserte Balance sowie eine Kraftsteigerung im Hinblick auf Sprungkraft für Patienten mit Achillessehnentendinopathie liefern könnte.

5.2 Diskussion der Untersuchungsmethoden und Ergebnisse

Bei der vorliegenden Studie „Auswirkungen manueller Techniken auf die Schmerzwahrnehmung und Funktionalität bei Patienten mit Achillessehnenbeschwerden“, wurden die Effekte innerhalb der Gruppe als auch zwischen den drei Gruppen nach vier Wochen überprüft. Die Gruppe, die manuelle Techniken erhielt, zeigte sowohl gegenüber der Kontrollgruppe als auch gegenüber der Gruppe, die das exzentrische Training durchgeführt hat, signifikante Verbesserungen bei allen

gemessenen Parametern mit Ausnahme der Kraft gemessen über den Triple-Hop-Test. Bei der Gruppe mit dem exzentrischen Training waren signifikante Effekte bei der VAS Messung gegenüber der Kontrollgruppe zu beobachten.

Die Erfassung des Beschwerdebildes erfolgte in der vorliegenden Studie mittels verschiedener Erhebungsbögen (VAS, VAS-FA und VISA-A Bogen), um die Relevanz der verschiedenen Alltagssituationen der Achillessehnentendinopathie abzubilden. Die Schmerzmessung ist die wichtigste klinische Testung für Patienten mit Achillessehnentendinopathie (Hutchison et al., 2013; (a) Maffulli et al., 2003) und wurde ausgewählt, da sie zur Schmerzmessung ein schnell durchzuführendes, valides, objektives und reliables Verfahren darstellt (Hjermstad et al., 2011; Schomacher, 2008). In der vorliegenden Studie gaben die Probanden teilweise an, dass der Schmerz variiert, so dass ein VAS Mittelwert der vergangenen drei Tage gewählt wurde, um eine gute klinische Aussage zu bekommen und nicht die Schmerzspitzen oder Momente der Schmerzfreiheit aufzuzeichnen. Eine weitere Auswahl zur Messung von Schmerz und Funktionseinschränkungen fiel auf den VAS- FA (visual analog score foot and ankle, siehe Anlage) Messbogen, da er speziell für die Beurteilung von Fuß- und Sprunggelenksbeschwerden entwickelt wurde (Richter et al., 2006; Stüber et al., 2010).

Die Osteopathiegruppe verbesserte den Schmerzscore auf VAS signifikant um $-4,28 \pm 1,84$ und die Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, um $-1,96 \pm 1,61$ Punkte und die vorab aufgestellte Hypothese bestätigt sich, dass die gewählte Intervention schneller wirksam ist als ein exzentrisches Training. Zu erwähnen ist jedoch, dass die Varianzanalyse vor der ersten Behandlung einen Gruppenunterschied zwischen den drei Gruppen aufwies ($p < 0,01$), so dass die Gruppen vor Beginn der Studie im Bereich der VAS Messung nicht gleich waren. Dies war vor der Randomisierung nicht anzunehmen und ist mutmaßlich aufgrund der kleinen Gruppengröße zustande gekommen. Die Interpretation der signifikanten Ergebnisse innerhalb der Gruppen bleibt von diesem Umstand jedoch unberührt. Der Fragebogen VAS- FA, der allgemeine Fußbeschwerden erfasste, zeigte für die Behandlungsgruppe eine signifikante Reduzierung der Beschwerden von 54% ($34,00 \pm 11,78$ vs. $15,63 \pm 7,50$ Punkte). Beide Interventionsgruppen verbesserten sich im klinisch relevanten Bereich (Hilfiker, 2008). Das signifikante Ergebnis der Osteopathiegruppe deckt sich mit der wenigen bisher veröffentlichten Literatur für diese Behandlungsform. Day, Stecco, C. und Stecco, A. (2009); Fischer, Riedlinger, Gutenbrunner und Bemateck (2009) und Tozzi, Bongiorno und Vitturini (2011) zeigten ebenfalls eine signifikante Reduzierung des Schmerzes nach einer Faszienbehandlung bei Probanden mit Nacken- bzw. unteren Rückenschmerzen, Hüft- und Beckenschmerzen und bei Patienten mit chronischen Schulterbeschwerden. Einzelfallstudien von Cuccia, Caradonna, C., Annunziata und Caradonna, D., (2009), Renan- Ordine, Albuquerque-Sendin, Rodrigues De Souza, Cleland und Fernandez-De-Las-Penas (2011) und Rompe, Cacchio, Weil, Furia, Hist, Reiners, et al. (2010) belegten ebenso signifikante Schmerzverbesserungen bei einer Kombinationstherapie mit faszialer Behandlung an Kiefer und Plantarfaszie. Bis heute wurde

eine große Anzahl verschiedenster manueller und faszialer Behandlungsformen an verschiedenen Körperteilen beschrieben und untersucht, allgemeingültige Aussagen über die Effekte oder die Therapiemethoden dieser Behandlungen können allerdings nicht getroffen werden (Day et al., 2009; Fischer et al., 2009; Renan-Ordine et al., 2001; Rompe et al., 2010; Tozzi et al., 2010). Insgesamt spekulieren Schleip, Naylor, Ursu, Melzer, Zorn, Wilke et al. (2006), dass die Kontraktionsfähigkeit der Faszien zu einer pathologischen Gewebereaktion führen kann, die die Biomechanik der umliegenden Gelenke empfindlich stört und zu einer schmerzhaft erhöhten intraartikulären Druckbelastung führen kann. Die Muskelaktivität kann zu einem erhöhten Tonus, z.B. des M. soleus, führen (Chen, Park, J., Park, S.B., Shim & Lee, 2012). Eine osteopathische Stimulation führt möglicherweise zur Tonussenkung (Barker, Guggenheimer, Grkovic, Briggs, Jones, David, et al., 2006; Dodd et al., 2006) und hat auf diese Weise vermutlich eine Ausschüttung von antientzündlichen Interleukinen zur Folge (Meltzer & Standley, 2007). Der Behandlungsdruck scheint die Zellsekretion anzuregen und ebenso extrazelluläre Substanzen zu erreichen und so einen Einfluss auf die Zellmatrix zu haben (Dodd et al., 2006). Der Untersucher vermutet, dass somit eine verbesserte Adaptationsfähigkeit des Gewebes an Belastungen erreicht werden kann. Barker et al., 2006 fanden eine verringerte Faszienspannung durch diese Therapieform, was vermuten lässt, dass sich durch Druckreduktion schmerzhaft Dysfunktionen in Gelenken auch reduzieren können (Dishman, 1990; Lawrence, 2001). Faszien in Läsion und Gelenke in Dysfunktion scheinen sich so gegenseitig positiv wie auch negativ zu beeinflussen (Langevin et al., 2011). Daher ergibt sich der Ansatz der vorliegenden Studie, die gesamte Beinkette bei Probanden mit Achillessehnentendinopathie zu behandeln. Durch das Verharren auf den Triggerpunkten im Rahmen der faszialen Behandlung ergab sich möglicherweise ein regenerierender Effekt der Hyaluronsäureketten im Bindegewebe (Stecco et al., 2013). Gegebenenfalls sind in der vorliegenden Studie durch die angewendeten langsamen und tiefen Gleit- Druckbewegungen auf den Faszien sowie der ergänzenden Lösung der gelenkigen Restriktionen im Bereich der VAS Messung eine signifikante Reduzierung der Schmerzen ($p < 0,01$) von über 70% nach vier Wochen erzielt worden. Diese Verbesserung entspricht etwa den Ergebnissen, die Alfredson et al., 1998; Fahlström et al., 2003; Knobloch et al., 2007; Knobloch, 2008; Mafi et al., 2001; Norregaard et al., 2007; Rompe et al., 2007 und Rompe et al., 2008 nach einem exzentrischen Training erzielten, welches jedoch mit 12 Wochen Dauer dreimal länger brauchte, um diesen Effekt zu erzielen. Fahlström et al. (2003) erreichten durch dieses Training bei Midportionachillessehnentendinopathie eine Schmerzreduktion auf VAS von 6,68 vs. 1,02 Punkte ($p < 0,01$). In der vorliegenden Arbeit reduzierte sich der Schmerz von 6,09 vs. 1,81 Punkte in der Osteopathiegruppe. Im Vergleich verbesserte sich die Gruppe, die das exzentrische Training absolvierte, im selben Zeitraum lediglich um 30% von $5,77 \pm 1,89$ vs. $4,01 \pm 2,07$ ($p < 0,01$). Ergebnisse von verschiedenen Studien (Alfredson et al., 1998; Mafi et al., 2001; Öhberg & Alfredson, 2004; Silbernagel et al., 2001; Stanish et al., 1986) zeigten eine deutliche Verbesserung der Schmerzen auf der VAS von >70% erst nach 12 Wochen exzentrischen Trainings. Somit

ist davon auszugehen, dass der Interventionszeitraum von vier Wochen für ein exzentrisches Training nicht ausreichend lang ist und dies die Ursache für die noch nicht optimalen Ergebnisse in der vorliegenden Studie für das exzentrische Training ist im Vergleich zu den Ergebnissen der Autoren (Alfredson et al., 1998; Mafi et al., 2001; Öhberg & Alfredson, 2004; Silbernagel et al., 2001; Stanish et al., 1986) nach 12 Wochen. Möglicherweise ist die Verbesserung aber auch vom gesamten Trainingsvolumen abhängig, so dass eine wie von Öhberg und Alfredson (2004) und Alfredson (2014) beschriebene Reduktion der Beschwerden auch bei einer Verdreifachung des Übungsumfanges im Interventionszeitraum von vier Wochen möglich gewesen wäre. Eine entsprechende Studie fand bisher noch nicht statt.

Die Messung der Beschwerden über den VISA-A Bogen ergab für die Osteopathiegruppe eine signifikante Verbesserung des Beschwerdebildes von 21% ($p < 0,01$) währenddessen die Trainingsgruppe ebenso einen signifikanten Effekt zeigte ($p < 0,05$). Da es sich bei dem VISA-A Bogen in erster Linie um die Erfassung von Belastungsschmerzen auch unter dem Einfluss von Sport handelt und die Reduktion dieser Beschwerden die größten Schwierigkeiten für Patienten mit Achillessehnentendinopathie darstellen (Robinson et al., 2001), ist es möglicherweise zu einer weniger deutlichen Verbesserung gekommen, als das Ergebnis der VAS Messungen. Iversen et al. zeigten in ihrer Untersuchung 2012 von 26 Studien mit 1336 Probanden einen Score von >70 nach den Behandlungen, die sich zu 78% mit den Auswirkungen von exzentrischem Training befassten. Die vorliegende Studie ergab ebenfalls einen Score von $77,65 \pm 14,72$ für die Osteopathiegruppe nach den Behandlungen. Ähnliche Ergebnisse zeigte Iversen et al. (2012). 21 Probanden hatten einen Score von >90 und gelten laut Iversen et al. (2012) als vollständig wieder hergestellt. Die Spanne der von Iversen et al. (2012) in ihrem Review dokumentierten Personen mit Achillessehnenreizung reichte von einem VISA-A Score vor der Behandlung von 24- 63 und nach der Therapie von 50- 96.6. Die vorliegende Untersuchung zeigte mit einem Mittelwert von $66,23 \pm 20,15$ einen etwas höheren Score vor der Untersuchung aller Probanden als Iversen et al (2012), der überwiegend Studien einbezog, die sich mit dem exzentrischen Training befassten. Der Score beim zweiten Untersuchungszeitpunkt deckt sich mit den Beobachtungen von Iversen et al. (2012), so dass eine Kombinationstherapie manueller und faszialer Behandlungstechniken nach vier Wochen gegenüber einer 12- wöchigen exzentrischen Trainingsphase im Bereich der VISA-A Messung absolut gleichwertig einzustufen ist.

Im zweiten Teil der Untersuchung wurden drei verschiedene Funktionstests zur Feststellung der Koordinationsfähigkeit des betroffenen Beines, Flexibilität der Sehne und des umliegenden Gewebes und der Kraft bzw. Sprungkraft durchgeführt. Die sensomotorischen Fähigkeiten wurden mit dem BESS- Test gemessen (Bell, 2011). Da es sich bei der Achillessehnentendinopathie um eine typische Sportverletzung handelt (Järvinen et al., 2001; Park & Chou, 2006), setzte sich das vorliegende Probandenclientel zu einem großen Anteil aus Sportlern zusammen. Sportler verfügen

allgemein über eine bessere Koordinationsfähigkeit im Bereich der unteren Extremität (Bock, Schneider & Bloomberg, 2001; Taube, Gruber, Beck, Faist, Gollhofer & Schubert, 2007).

Die Osteopathiegruppe erzielte im Rahmen der Studie eine signifikante Verbesserung ($p < 0,01$) des BESS Tests von 31% ($14,82 \pm 6,04$ vs. $10,21 \pm 6,13$ Fehlerpunkte). Im Vergleich erzielte die Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, ebenfalls einen Unterschied ($15,03 \pm 5,64$ vs. $13,52 \pm 6,11$ Fehlerpunkte, $p < 0,05$). Mit dem Ergebnis des Fehlerscores nach acht Behandlungen lag die Gruppe, die die manuellen Techniken erhielt, mit dem Ergebnis des BESS Tests unter dem Mittelwert zwischen 11.3 und 19.9 des von Iverson und Koehle (2013) ermittelten Mittelwertes von gesunden Probanden. Die Trainingsgruppe lag im Vergleich bei $13,52 \pm 6,11$ Punkten nach vier Wochen. Insgesamt ist somit aufgrund der Ausgangswerte des BESS Tests der Probanden der vorliegenden Studie davon auszugehen, dass sich eine Achillessehnentendinopathie in einem eher geringen Ausmaß auf die Balancefähigkeit der Betroffenen auswirkt. Da die Probanden ihre Trainingsumfänge im Verlauf der Studie nicht veränderten und auch den BESS Test nicht üben sollten, kann ein Trainingsfaktor zwischen den beiden Messzeitpunkten quasi ausgeschlossen werden. Es zeigte sich in der Kontrollgruppe kein Unterschied ($12,42 \pm 4,83$ vs. $12,13 \pm 4,60$, n.s.), womit auch in den Interventionsgruppen ein Trainingseffekt beim Retest ausgeschlossen werden konnte. Diese Ergebnisse der Osteopathiegruppe, die mit manuellen Techniken behandelt wurde, deuten darauf hin, dass durch die vorliegende Schmerzreduktion eine verbesserte neuromuskuläre Ansteuerung und Koordination der Muskulatur stattfindet (Graven-Nielsen, 2006). Die Erhaltung einer guten funktionellen Gelenkstabilität im Körper ist überaus komplex und beinhaltet eine lokale Propriozeption der Haut, Gelenkkapsel, Sehnen, Bänder und Muskulatur mit Steuerung über das Rückenmark (afferente Information), dem Kleinhirn und Hirnstamm zum Cortex und einem abschließenden Feedbackmechanismus zurück bis zur Muskelfaser (efferente Informationen) (Riemann & Lephart, 2002). Die so beschriebene Gelenkstabilität ist trainierbar (Zech et al., 2010). Auch visuelle und vestibuläre Faktoren haben einen Einfluss (Riemann & Lephart, 2002). Möglicherweise ist die posturale Kontrolle bei Probanden mit Achillessehnentendinopathie geringfügig reduziert, da die muskuläre Antwort bei Probanden mit chronischen Sehnenbeschwerden zeitverzögert einsetzt (Cowan et al., 2002). In der vorliegenden Studie ist durch die direkte Behandlung der lokalen Strukturen möglich, dass sich die Effekte der verbesserten Koordinationsfähigkeit vorwiegend auf dem Einfluss auf die Gelenkkapsel, Bandstrukturen, Sehnen, Haut und Muskulatur begründen lassen. Eher weniger ist die Verbesserung auf die Beeinflussung der spinalen Ebene, dem Rückenmark oder der zentralen Ebene, mit dem Kleinhirn, Cortex und Hirnstamm durch die Faszienbehandlung zu vermuten (Riemann & Lephart, 2002). Auch zeigten Farina, Arendt-Nielsen, Merletti und Graven-Nielsen (2003) sowie Ervilha, Farina, Arendt-Nielsen und Graven-Nielsen (2005), dass muskuläre Schmerzen zu einer veränderten EMG- Aktivität führen, so dass dies mögliche Erklärungsmodelle für die Verbesserung des BESS- Testes darstellen. Zudem zeigen Patienten mit Achillodynie eine Muskelatrophie im Bereich des M. triceps surae (Ryan et al., 2009), so

dass das Kraftdefizit möglicherweise auch mit einer verminderten sensomotorischen Kontrolle einhergeht (Mahieu, Witvrouw, Stevens, Van Tiggelen & Roget, 2006). Auch könnte ein sensomotorisches Defizit oder eine damit verbundene Gelenkinstabilität ursächlich für die Entstehung der Achillessehnenbeschwerden sein (Mayer, Grau, Bäurle, Beck, Krauss, Maiwald & Baur, 2000). Insgesamt könnte man so auch über einen grundsätzlichen sensomotorischen Therapieansatz für Probanden mit Achillessehnentendinopathie nachdenken (Sharma & Maffuli, 2005), um beurteilen zu können, ob sich dieses Beschwerdebild über eine solche Therapieform beeinflussen lässt. Bisher konnte in Studien, die sich mit propriozeptiven Training befassen, lediglich eine gute Verletzungsprävention nachgewiesen werden (Zech et al, 2010) und keine Reduktion des Schmerzes (Pfeifer, Banzer, Hänsel, Hübscher, Vogt & Zech, 2009; Risberg, Mørk, Jenssen & Holm, 2001).

Van der Wal spekuliert 2009, dass Faszien durch ihren Aufbau in der Lage sind, Kräfte zu absorbieren und Muskulatur stellt sich in Abhängigkeit zum umliegenden Gewebe dar (Huijing, 2009). Die muskelumhüllenden Faszien haben über die Propriozeptoren eine Verbindung zum Nervensystem (van der Wal, 2009). Staubesand und Li zeigten 1996 in ihrer elektronenmikroskopischen Untersuchung das Vorkommen glatter Muskelzellen und Nervenfasern in der Faszia cruris. Sie vermuten, dass diese Muskelzellen der Spannungsregulation dienen und die Nervenfasern Teil des autonomen Nervensystems sind und so die Verbesserung der Koordinationsfähigkeit der Probanden nach fasziärer Behandlung erklärbar scheint. Yahia, Pigeon und DesRosiers (1993) untermauern durch ihre Studie an der Faszia lumbodorsalis die Kontraktionsfähigkeit zumindest bestimmter fasziärer Strukturen im Körper.

Durch die in der vorliegenden Studie durchgeführten Manipulationen werden Rezeptoren mechanisch stimuliert und können einen neurophysiologischen Reflex auslösen (Bicalho et al., 2010; Maigne & Vautravers, 2003; Pickar, 2002; Triano, 2001). Dadurch ist theoretisch auch eine schnellere Übertragung sensorischer Signale über das Rückenmark (α -Motoneuron) möglich (Pickar, 2002), was die Verbesserung des BESS Test in der vorliegenden Studie durch die Manipulationstechniken möglicherweise erklären ließe. Bialosky, Bishop, Robinson, Barabas und George (2008) beschreiben eine Abnahme des EMG in Ruhe über die Erregung der Mechanorezeptoren. Manipulationen sollen durch die Anregung des α -Motoneurons Afferenzen gezielt optimieren, regulieren bzw. verstärken (Sacher et al., 2011). Auch andere Autoren sehen den Zusammenhang, dass Manipulationen Auswirkungen auf das propriozeptive erste afferente Neuron haben (Bicalho et al., 2010; Dishman, Dougherty & Burke, 2005; Pickar, 2002). Dadurch werden die positiven Ergebnisse der Studie auf die sensomotorischen Fähigkeiten der Probanden theoretisch untermauert.

Eine Untersuchung von Wassinger, Rockett, Pitman, Murphy und Peters zeigte 2013, dass sich eine Rückfuß Distraktionsmanipulation (Manipulation des unteren Sprunggelenkes) am dominanten Bein positiv auf das Koordinationsvermögen, Kraft und Beweglichkeit (Y- balance Test) des Fußes auswirkt. In der vorliegenden Studie wurden diese Manipulationstechniken gehäuft angewendet. Der Fuß beinhaltet 26 Knochen, bei dem besonders das Kuboid mit seinen Verbindungen zum Na-

viculare, Calcaneus und Metatarsalen eine zentrale Rolle spielt (Kolker, Marti & Gautier, 2002). Alle Verbindungen wurden im Rahmen der Untersuchung und Behandlung berücksichtigt. Es konnte jedoch nicht geklärt werden, welche Effekte einzelne Behandlungstechniken auf die Ergebnisse des BESS Tests haben, da jeder Proband individuell unterschiedliche Manipulationstechniken im Rahmen der Studie erhielt.

Die Studien, die bisher zum exzentrischen Training veröffentlicht wurden, stellen keine Zusammenhänge zum neuromuskulären System her, sondern betrachten lediglich lokale Effekte im Sehnenbereich und dokumentieren Schmerzen und Funktionseinschränkungen (Alfredson, 2014; Öhberg & Alfredson, 2004; Shalabi, Kristoffersen-Wilberg, Svensson, Aspelin & Movin, 2004). Andere Trainingsformen, die sich nicht mit dem exzentrischen Training beschäftigen, zeigten positive Effekte auf die neuronale Adaptation, so dass mögliche positive Aspekte lediglich angenommen werden können (Aagard, Simonsen, Andersen, Magnusson, Dyrhe-Poulsen, 2002). Durch die mögliche Struktur- und Integritätsverbesserung der Sehne (Ackermann et al, 2003; Öhberg et al, 2004) kommt es zur besseren Funktion der Nozi- und Mechanosensoren, die für die propriozeptiven Fähigkeiten lokal verantwortlich sind (Rieman & Lephart, 2002). Der Sinn für die Gelenkstellung sowie für die Spannung der Muskulatur optimiert sich und dies könnte Ursache des verbesserten BESS- Scores in der vorliegenden Studie für die Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, sein.

Zur Feststellung der Steifheit der Achillessehne wurde der funktionelle Test nach Bennell ausgewählt. Er ermöglichte die Dokumentation der Dorsalextension im oberen Sprunggelenk und damit auch der Flexibilität der Achillessehne (Bennell et al., 1998; Chissholm, 2012; Konor et al. 2012) und erwies sich als sehr gut praktikabel. Die Ergebnisse des Bennell Tests vor Beginn der Intervention entsprechen der in der Literatur beschriebenen Einschränkung der Patienten mit Achillessehnentendinopathie (Mahieu et al., 2006). Es ergab sich eine Erweiterung der Mobilität des Sprunggelenkes durch die manuelle Behandlung um $2,17 \pm 1,37$ cm (18%), ($p < 0,01$), was der von Langevin, Fox, Koptiuch, Badger, Greenan-Naumann, Bouffard et al. (2011) beschriebenen Einschränkung von 20% bei Patienten mit Rückenbeschwerden an der Faszia thorakolumbalis annähernd entspricht. Es liegt die Vermutung nah, dass Schmerzen grundsätzlich mit einer gewissen Steifigkeit und eingeschränkter faszialer Gleitfähigkeit einhergehen. Maqirriain und Kokalj beschrieben 2014, dass Patienten, die an einer Achillessehnentendinopathie leiden, eine Steifheit aller Strukturen des Beines haben. Obwohl bekannt ist, dass eine schmerzhaft entzündete Achillessehne über eine gewisse Steifigkeit verfügt (Fukashiro, Itoh, Ichinose, Kawakami & Fukunaga, 1995) bleibt in der vorliegenden Untersuchung offen, wo die exakte Ursache der Bewegungseinschränkung liegt (z.B. Achillessehne, Sprunggelenk, muskuläre Strukturen, Faszienewebe). Barker et al. zeigten 2006 eine erweiterte Beweglichkeit in Extension und Flexion im Rahmen der Untersuchung an Leichen nach Faszienbehandlung. Die Faszienspannung reduzierte sich um durchschnittlich 6,6 Newton und um bis zu 26% (Barker et al., 2006). Diese Erkenntnisse zeigen mög-

licherweise Zusammenhänge der im Rahmen der Studie verwandten faszialen Behandlungstechniken und der Erweiterung der mittels des Bennell Tests festgestellten Beweglichkeit bei den Probanden der Gruppe, die die manuellen Techniken erhielt. Die Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, zeigte ebenso einen signifikanten Unterschied ($10,60 \pm 3,19$ vs. $11,89 \pm 2,90$, $p < 0,01$). In den vorliegenden Studien zum exzentrischen Training fanden bislang keine Messungen der Flexibilität der Sehne statt (Alfredson et al, 1998; Mafi et al, 2001; Silbernagel et al, 2001; Stanish et al, 1986). Eine mögliche Erklärung für einen Effekt bei Weiterführung des Trainings über die vier Wochen hinaus, wäre das von Öhberg und Alfredson (2004) sonographisch festgestellte verbesserte Gleiten der Achillessehne in der Hülle durch das exzentrische Training.

Die Leistungsfähigkeit in Bezug auf das Sprungverhalten, Balance und Kraft wurde mit dem Triple-Hop-Test ermittelt (Hamilton et al., 2008), da Patienten mit einer Achillessehnentendinopathie eine Abschwächung der Kraft im betroffenen Bein haben (Silbernagel et al, 2006). Verschiedene Faktoren, wie Kraft der unterschiedlichen Muskelgruppen, Koordination und Balance zeigten sich in der Weite der drei Sprünge (Hamilton et al., 2008). Eine Einschränkung der Sprungleistungsfähigkeit bei Patienten mit Achillessehnentendinopathie konnten neben der vorliegenden Studie auch Mahieu et al., (2006) und Silbernagel et al. (2006) zeigen. Jedoch bediente sich keiner der Autoren dem Triple-Hop-Test, so dass ein direkter Vergleich der Ergebnisse nicht möglich ist. Allgemein lässt sich sagen, dass Kraftleistung bei Probanden mit Achillessehnentendinopathie, bezogen auf die Plantarflexion im oberen Sprunggelenk, herabgesetzt ist (Mahieu et al., 2006). Mit einer durchschnittlichen Länge nach drei Sprüngen von $267,95 \pm 91,87$ cm blieben die Probanden aller Gruppen insgesamt ca. 130 cm hinter den 247 gesunden Probanden der benannten Studie zurück. Bawa (2002) beschreibt die Bedeutung der neuromuskulären Steuerung zur Übertragung von Kraftleistung, die beim vorliegenden Probandenkreis aufgrund der Schmerzsituation reduziert ist. Die Osteopathiegruppe verbesserte die Sprungleistung um $38,44 \pm 38,10$ cm ($p < 0,01$) nach vier Wochen, währenddessen sich die Gruppe mit dem exzentrischen Training um $19,95 \pm 31,21$ cm ($p < 0,05$) besserte, sich allerdings nicht signifikant gegenüber der Kontrollgruppe veränderte. Die Lösung der gelenkigen und faszialen Restriktionen scheint also auch einen Einfluss auf die Kraft und das Sprungvermögen der Probanden zu haben. Denkbar ist, dass sich die Ausrichtung der Muskelfasern bessert und eine optimierte Kraftübertragung über das muskelumhüllende Faszien-system ermöglicht (Huijing et al., 2003). Verringerte Schmerzen wirken sich laut Mahieu et al. (2006) auch positiv auf die Muskelkraft der Probanden aus, so dass sich die insgesamt besseren Ergebnisse erklären lassen. Möglicherweise haben Probanden, deren Schmerz höher ist, auch eine gewisse Angst zu springen in Erwartung vermehrt einsetzender Schmerzen. Eine gute Koordination scheint mit einer guten Sprungkraft nicht automatisch verbunden zu sein (Hamilton et al., 2008), allerdings zeigen sich in der vorliegenden Studie ähnliche Verschiebungen der Osteopathiegruppe und Kontrollgruppe im Vergleich beim BESS Test und Triple-Hop-Test. Unter exzentrischem Training kann ca. 130 % der Kraft der Konzentrik erbracht werden (Westing, Seger, Karlson

& Ekblom, 1988), so dass die Probanden, die das exzentrische Training durchführten, neben dem beschriebenen verbesserten Gleiten der Sehne (Öhberg & Alfredson, 2004), möglicherweise auch ein gewisses Krafttraining als Nebeneffekt durchführten und so ihre Sprungleistungsfähigkeit um 19,95 cm steigerten. Die Kontrollgruppe sprang beim Retest 2,76 cm weiter, so dass von keinem Trainingseffekt durch wiederholtes Springen auszugehen ist.

5.3 Methodische Limitationen

Grundsätzlich stellt sich bei überwiegend subjektiv gesteuerten Behandlungsverfahren die Frage nach der Validität und Reproduzierbarkeit. Obwohl die Wirksamkeit manueller Behandlungsverfahren vielfältig belegt ist, ist ein Vergleich aufgrund kaum möglicher Prüfung der Ursachen und Wirkungszusammenhänge nur sehr schwer möglich (Patijn, 2002). Einflüsse auf Schmerzen des Bewegungsapparates sind vielfältig und gehen über das Muskelskelettsystem hinaus, haben psychische und nervale Zusammenhänge und können auch zu Veränderungen der neuromuskulären Steuerung führen (Hides, Miokovic, Belavy, Stanton & Richardson, 2007; Mense, 2001). Befunde sind schwierig reproduzierbar und variieren zum Teil zwischen Behandlern. Eine Literaturrecherche von Conradi und Smolenski (2005) ergab, dass keine Studie bezüglich manueller Testverfahren zwischen 1992 und 2004 auf höchstem Evidenzniveau basierte. Eine spezifische manuelle Untersuchung erfordert große Erfahrung vom Untersucher (Hansen et al., 2006; Howell et al., 2008) und so stellt die Behandlungsperson einen großen Faktor im Rahmen dieser Studie dar. Dadurch kann sicher nur in den seltensten Fällen ein absolut identischer Befund von verschiedenen Behandlern gestellt werden. Beim Untersucher der Restriktionen der Faszien und der blockierten Segmente handelte es sich in der vorliegenden Studie um dieselbe Person wie die Person, die die Behandlung durchführte. Da diese Person zu keinem Zeitpunkt wechselte und das Prozedere strikt standardisiert war, ist davon auszugehen, dass stets gleiche Kriterien bei der Befunderhebung und Behandlung angelegt wurden. Insgesamt ist es jedoch möglich, dass ein anderer Behandler zu anderen Resultaten im Rahmen einer vergleichbaren Studie gekommen wäre und die Aussagekraft des osteopathischen Befundes unter Einbeziehung einer zweiten, erfahrenen Untersuchungsperson gestiegen wäre. Dies limitiert in der vorliegenden Untersuchung die Interpretierbarkeit der Ergebnisse.

Verringerte aktive und passive Beweglichkeit sowie geringere Beweglichkeit des Wirbelsegmentes, vom Patienten angegebene Steifigkeit oder Schmerzen, führten klinisch zur Feststellung „blockiertes Segment“ (Lee, Latimer & Maher, 1993). Die Frage, ob die klinisch erhobenen Befunde mit den Beschwerden des Probanden in der Ganzheit oder zum Teil in Verbindung stehen, bleibt offen. Möglicherweise würde der Proband auch post-mortem oder im Rahmen einer Operation ein anderes Befundergebnis zeigen, da viele Faktoren, wie z.B. auch muskuläre, einen Einfluss auf die ge-

lenkige Bewegung haben, so dass der Befund subjektiv ist (Patijn, 2002). Auch fehlt der Vergleich mit asymptomatischen Probanden, um die klinische Relevanz zu zeigen. Um einen Goldstandard zu entwickeln, bedarf es der Einbeziehung von gesunden Probanden und auch von radiologischen Testverfahren (Patijn, 2002), die vorliegend nicht zur Anwendung kamen. Eine Abhängigkeit der verschiedenen durchgeführten Bewegungstests miteinander kann weder ein- noch ausgeschlossen werden. Verschiedene Studien in der manuellen Medizin zeigten bereits Zusammenhänge verschiedener Tests zueinander (Deursen, Patijn, Ockhuysen & Vortman, 1990; Gjørup, 1988). Um eine gesichertere klinische Diagnose zu stellen, sind höchstens drei Tests mit zwei Untersuchern anzuraten, die eine möglichst lange Trainingsphase der Testverfahren durchlaufen (Patijn, 2002). In der vorliegenden Studie wurde die Beweglichkeit der Bewegungsachsen beurteilt, was Aufschluss über eine Blockierung geben sollte (Dishman, 1990; Lawrence, 2001). Grundlegend stellen einige Autoren die Fähigkeit, segmentale Restriktionen zu palpieren, in Frage (Campbell & Snodgrass, 2010). Manipuliert wurden alle restriktiven Gelenke mit an den Probanden angepassten Behandlungstechniken, für die es bis zum heutigen Zeitpunkt keine Standards gibt. Die Charakteristika einer Manipulation, Krafteinwirkung senkrecht auf den zu entblockierenden Knochen auszuüben, wurden stets erfüllt (Evans & Lucas, 2010). Angrenzende Segmente könnten mitbeeinflusst werden (Walser, Meserve & Boucher, 2009). Auch die vorliegende Studie zeigt die Schwierigkeit, im Bereich einer manuellen Behandlung durch die hohe Variabilität der individuellen Befunde methodologisch sauber zu arbeiten (Brantingham et al., 2012; Hoskins et al., 2006).

In der Vergangenheit gab es immer wieder Ansätze, die dynamischen Strukturen, wie Muskulatur und Fasziengewebe, des Körpers in Zusammenhang mit Schmerzen am Bewegungsapparat zu untersuchen und zu behandeln (Mense, 1999; Travel & Simons, 1992). Standards konnten hierfür bisher ebenfalls nicht entwickelt werden. Im Rahmen der Faszienbehandlung spielt auch palpatorische Erfahrung des Behandlers eine große Rolle (Esteves & Spence, 2014; Hansen et al., 2006; Howell et al., 2008), die in der vorliegenden Studie durch lange Berufserfahrung des Therapeuten vorhanden ist. Licht, Müller-Ehrenberg, Mathis, Berg und Greitemann zeigten 2007 bei der Überprüfung von 304 Muskeln, mit einem Kappa-Wert von 0,82, eine hervorragende Intertester Reliabilität zweier erfahrener Untersucher. Ähnliche Ergebnisse zeigten auch McPartland, Goodridge und Brodeur (1998) in ihrer Untersuchung, die eine bessere Übereinstimmung der osteopathischen Counterstrain Triggerpunkt Methode gegenüber drei traditionell manuellen Testverfahren fanden. Für die Therapie der Faszien scheint der optimale Druck eine große Rolle zu spielen (Barker et al., 2006; Njoo & Van der Does, 1994). Licht et al. (2007) betonen noch einmal die Individualität des Behandlungsdruckes für jeden einzelnen Probanden, wie es auch in der vorliegenden Studie gewählt wurde.

Die scheinbar optimierte manuelle Therapie richtet sich nach durch den Behandler subjektiv festgestellten Befunden (Lawrence, 2001; Lee et al., 1993), was aber nur sehr erschwert wissenschaftlich validierbar ist. Dies hängt mit der hohen Spezifität der Untersuchungsergebnisse zu-

sammen, die nicht sensitiv darstellbar ist. Es bleibt die Frage offen, ob viele Untersuchungen dieser Art, die eine hohe Sensitivität aufweisen, nicht einen hohen Mangel an Spezifität haben und umgekehrt (Licht et al., 2007). Viele Beschwerdebilder des Bewegungsapparates gelten bis heute als idiopathisch (Nachemson, 1992), so dass die Problematik nahelegt, auch keine genau definierten, klar umrissenen Behandlungsleitlinien entwickeln zu können.

In der vorliegenden Studie wurde die osteopathische Interventionsgruppe in persönlichen Sessions behandelt, währenddessen die Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, ein Heimübungsprogramm durchführte. Grundsätzlich sollte erwähnt werden, dass therapeutisch angeleitete Therapieformen und Behandlungsprogramme zumeist den größeren Behandlungserfolg zeigen (Chuter, Janse de Jonge, Thompson & Callister, 2015; Dereli & Yaliman, 2010; Stasinopoulos, D., Stasinopoulos, I., Pantelis & Stasinopoulou, K., 2010) und sich so die Osteopathiegruppe durch ihre intensivere Betreuung insofern vermutlich im Vorteil befand, der sich aber nicht exakt beziffern lässt.

Die aktuellen Beschwerden wurden erfasst, die Probanden wurden aber nicht entsprechend der Lokalisation der Beschwerden in unterschiedliche Gruppen zugeordnet. Ein solches Verfahren wäre in zukünftigen Studien interessant, um die Beeinflussbarkeit von Ansatzproblemen oder Midportion Beschwerden differenziert von einander zu betrachten. So wäre es optimaler, per Ultraschall oder Farbdoppler-Ultraschall das komplette differentialdiagnostische Spektrum wie Midportion Tendinose, Paratendinose, Insertionstendinose, Bursitis subachillea, Haglund- Ferse, Tarsaltunnelsyndrom, retrocalcaneare Bursitis, Neuritis des N. suralis, Ruptur der M. tibialis post. Sehne, Tenosynovitis des M. flexor hallucis longus, Arthritis des Sprunggelenkes, Osteochondrose des Talus, Triggerpunkte im M. soleus, Infektion, Ermüdungsbruch, Plantarfaszitis sowie eine Teilruptur der Achillessehne (Hirschmüller, 2014; Maffulli, 1999) einzuteilen und in verschiedene Gruppen zu randomisieren. Somit könnten noch klarer Therapieeffekte zugeordnet werden. Zudem wäre eine radiologische Untersuchung vor der Studie eine zusätzliche Sicherheit zur Vermeidung von Verletzungen unter der Studie, wie z.B. ein Abriss der Achillessehne. Auch wäre eine Messung der Harnsäure ein interessanter Parameter gewesen, um Segessers Ansatz (2014), Achillessehnentendinopathien hängen mit einem erhöhten Harnsäurewert zusammen, möglicherweise zu stützen. Eine weitere Diskussionsgrundlage stellt die Überlegung dar, die beidseitig betroffenen Probanden für beide Sehnen die gleiche Intervention durchführen zu lassen, um zu differenzieren, ob die gleiche Behandlung an demselben Patienten unterschiedliche Ergebnisse hervorbringt.

Die Auswahl des Einschlusskriteriums VAS mindestens 1/10 ließ die Teilnahme von Probanden mit verschiedenen Schmerzintensitäten zu. Hilfiker beschrieb 2008 eine Veränderung von 0,5 im Bereich der VAS Skala zwischen 1-3 und eine Änderung von 2 Punkten im Bereich 4-10 als für die Probanden klinisch relevant. So kann an dieser Stelle über einen differenzierten Einschluss von Probanden von VAS 1-3 oder 4-10 nachgedacht werden, um eine verbesserte klinische Aussagekraft zu erzielen.

Im Rahmen der vorliegenden Studie war der Fragebogen VISA-A Bogen für die Probanden verständlich, allerdings mussten einige von ihnen Fragen zur Schmerzsituation unter Belastung zunächst vor Ort testen wie z.B. die Schmerzen bei der Dehnung auf einer Stufe oder zehn einbeinige Zehenstände. Interessant wäre noch die Auswertung der verschiedenen acht Einzelfragen gewesen, um zu differenzieren, ob die Behandlungseffekte der einzelnen Gruppen eventuell bestimmte Schwerpunkte, wie z.B. auf typische Schmerzen der Achillessehne, Funktionseinschränkungen im Alltag oder vermehrt auf den Belastungsschmerz haben.

Beim VAS-FA Bogen stellten sich einige Fragen für die Beschwerdeproblematik an der Achillessehne als häufig irrelevant heraus, wie z.B. die Frage nach Gefühlsstörungen oder die Frage nach Alltagsproblemen beim Anziehen, Essen oder Waschen. In der praktischen Erfahrung mit dem Bogen zeigte sich, dass ein optimaler Score, der Beschwerdefreiheit zeigen sollte, von 0 nicht möglich ist, da die Frage „Wie lange können Sie ohne Fußprobleme gehen?“ von symptomfreien Probanden stets mit 10 beantwortet wurde, währenddessen alle anderen Fragen bei Beschwerdefreiheit mit 0 beantwortet wurden. Aus Sicht des Untersuchers müsste diese Frage umformuliert werden, jedoch wurde der Bogen in der vorliegenden Studie diesbezüglich nicht abgeändert. Es gilt also zu berücksichtigen, dass beschwerdefreie Probanden somit keinen Score von 0 erreichen konnten. Zusammenfassend kann man diskutieren, ob auf die Erhebung des VAS- FA Scores in diesem Zusammenhang hätte verzichtet werden können, da einige Fragen, wie z.B. Fragen nach Fußschwielen oder Sensibilitätsstörungen zusätzlich aus Sicht der Teilnehmer nicht relevant waren. Aus Sicht des Untersuchers hätte die Erhebung der Beschwerden im Hinblick auf Schmerz und Funktionseinschränkungen über den VAS und den VISA-A Bogen ausgereicht. Die meisten randomisiert kontrollierten Studien zur Erhebung der Beschwerden von Probanden mit Achillessehnenbeschwerden arbeiten ebenfalls nur mit diesen Outcomemessungen (Alfredson et al., 1998; Fahlström et al., 2003; Mafi et al., 2001; Norregaard et al., 2007, Rompe et al., 2007; Rompe et al., 2008; Silbernagel et al., 2001; Stanish et al., 1986).

Im Rahmen der durchgeführten Tests (BESS, Bennell, Triple- Hop- Test) ist von keinem Lerneffekt auszugehen. Bei allen drei Untersuchungen ergaben sich für die Kontrollgruppe geringfügige Veränderungen ($p > 0.05$) zwischen -2,33 % beim BESS Test, 4,22 % beim Bennell Test und 5,48 % beim Triple- Hop- Test bei der zweiten Untersuchung der Probanden, die den Test absolvierten. Dieser Effekt sollte bei der Interpretation der Ergebnisse der anderen beiden Gruppen berücksichtigt werden. Auch kann es im Rahmen der Messungen zu gewissen Verzerrungen gekommen sein. Beim BESS Test zeigte sich z.B. die Problematik, dass nach einem Fehler das Wiedereinnehmen der Testposition bei den verschiedenen Probanden trotz immer einheitlicher Ansage der Testperson, dennoch unterschiedlich lange dauerte.

Das Schuhwerk der Probanden aller Gruppen änderte im Rahmen der Studie teilweise. Aufgrund sehr hoher Außentemperaturen trugen sie zum Teil Sandalen oder Flip Flops, was letztlich einen unklaren Einfluss auf das Gesamtergebnis hat. Optimierte Sportschuhe scheinen insofern jedoch

das beste Schuhwerk für Patienten mit Achillessehnentendinopathie zu sein (Grau, Baur & Horstmann, 2003).

Erwähnenswert ist noch die Tatsache, dass die Raumtemperatur im Verlauf der Studie zwischen 21 und 27 Grad Celsius differierte, was auf zum Teil sehr sommerliche Temperaturen zurückzuführen war. Diese Tatsache könnte einen Einfluss auf die Behandelbarkeit der Gewebe gehabt haben, da einige Probanden stark schwitzten. Eindeutige wissenschaftliche Erkenntnisse zum Einfluss von Außentemperatur auf Beweglichkeit oder Schmerzwahrnehmung existieren zum derzeitigen Zeitpunkt nicht. Möglich ist ein positiver Einfluss der Wärme auf die Flexibilität der Muskulatur (Petrofski et al., 2013).

Zusätzlich soll noch erwähnt werden, dass keiner der ausgewählten Fragebögen die psychische Situation der Probanden erfasst. Die emotionale Verfassung der Betroffenen spielt eine Rolle bei Patienten mit Fuß- und Sprunggelenksbeschwerden (Shivarathre, Howard, Krishna, Cowan & Platt, 2014), jedoch scheint kein Messinstrument geeignet, um diesen Faktor im Kontext dieser Studie zu evaluieren. Auch andere randomisiert kontrollierte Studien, die sich mit Achillessehnentendinopathie befassen, erfassten diesen Zusammenhang bisher nicht.

Für die Behandlungsform der Osteopathie gibt es keine eindeutigen Standards für die Therapie. In dieser Studie wurde sich für die Behandlung des Becken- und Beinbereiches entschieden, um den Aspekten einer kontrollierten Studie, mit klar umrissenen Behandlungstechniken, gerecht zu werden. In jüngeren Studien werden zunehmend Ansätze erforscht, die belegen, dass der Mensch eine Einheit darstellt und körperliche und psychische Faktoren nicht voneinander zu trennen sind (Gouin, Carter, Pournajafi-Nazarloo, Glaser, Malarkey, Loving, et al., 2010). Scheinbar haben viele Faktoren einen Einfluss auf die Veränderung eines Beschwerdebildes, die sich vielfach nicht klinisch exakt voneinander abgrenzen lassen. Auch Parameter wie persönliches Befinden des Patienten lassen sich in keiner Studie ausschließen, was auch einen Einfluss auf das Schmerzempfinden hat (Kut, Candia, van Overbeck, Pork, Fink & Folkers, 2011). So lassen sich die erzielten Effekte eingeschränkt interpretieren und nicht absolut auf die durchgeführten Interventionen zurückführen.

6 Zusammenfassung und Schlussbetrachtung

In der vorliegenden randomisiert kontrollierten Studie wurden die Auswirkungen des exzentrischen Trainings nach Alfredson mit einer osteopathischen Behandlung, die sowohl manuelle als auch Faszientechniken beinhaltet, auf Patienten mit Achillessehnentendinopathie miteinander verglichen. Die Randomisierung von insgesamt 100 Probanden erfolgte in drei Gruppen, wovon die dritte Gruppe die Kontrollgruppe darstellte, die keine Behandlungsintervention erhielt. Den primären Zielparameter stellte die Erfassung des Schmerzes, die sekundären die Feststellung von Koordinationsverhalten, Mobilität des Sprunggelenkes sowie Dehnfähigkeit der Sehne und Sprungkraft der Probanden dar.

Der in der wissenschaftlichen Literatur häufig positiv beschriebene Ansatz des exzentrischen Trainings bestätigt sich erneut als gewinnbringender Ansatz für die Patienten auf die Schmerzsituation, lässt jedoch auch die Problematik der Notwendigkeit eines über längere Frist eigenständig durchgeführten Trainings erneut vermuten. Der gewählte osteopathische Ansatz der Manipulations- und Faszienbehandlung zeigt in der vorliegenden Studie über einen Zeitraum von vier Wochen in Hinblick auf die untersuchten Parameter fast ausschließlich signifikant positive Effekte gegenüber dem exzentrischen Training.

Die untersuchten Ansätze zur Behandlung einer Achillessehnentendinopathie basieren auf unterschiedlichen physiologischen Wirkmechanismen. Die Effektivität des exzentrischen Trainings scheint, nach ausreichend langem Training, auf einem auf die Achillessehne lokalen Effekt zu basieren, währenddessen der osteopathische Ansatz das umliegende Gewebe befreien soll. Aus dieser Überlegung heraus sollte über eine Kombinationstherapie der beiden angewendeten Therapieformen nachgedacht werden, um somit möglicherweise optimale Ergebnisse für Patienten mit Achillessehnentendinopathie zu erzielen. Weitere Studien sollten demnach den vielversprechenden Ansatz der Kombinationstherapie Faszien- und Manipulationsbehandlung weiterführend untersuchen, um mehr Klarheit in die exakte Auswahl der Untersuchungs- und Behandlungstechniken oder einer Kombination dieser bei bestimmten Beschwerdebildern zu bringen. Um die optimale Effektivität der Behandlung herauszustellen, sollte die spezifische Auswahl und Dosierung der Techniken validiert werden. Therapeutische Standards können daraus für Befund und Therapie abgeleitet werden. Auch Laboruntersuchungen sowie radiologische Untersuchungen, die die Veränderung von Faszien und auch der Achillessehne unter der Behandlung zeigen, könnten neue Erkenntnisse über die Wirkungsweise der unterschiedlichen Behandlungsformen und somit über Möglichkeiten zur Verbesserung der Therapieansätze erbringen.

7 Abstract

Hintergrund:

Bei der Achillessehnenreizung handelt es sich um ein in Bezug auf Ursachen und Therapien vielfältig erforschtes Beschwerdebild, welches besonders bei laufbetonten Sportarten beschrieben wird. Ein über längere Zeit durchgeführtes exzentrisches Muskeltraining scheint einen positiven Effekt auf den Krankheitsverlauf zu nehmen. Studien zum Erfolg von manuellen und faszialen Therapien bei einer Achillessehnentendinopathie liegen bisher nur vereinzelt vor.

Material und Methoden:

In dieser randomisierten, kontrollierten, unverblindeten Studie wurden die Behandlungserfolge nach acht Therapieeinheiten direkter Manipulationsbehandlung (high-velocity low-amplitude, HVLA) in Kombination mit einer Faszienbehandlung (n=34) vs. exzentrischem Muskeltraining (n=33) vs. einer Kontrollgruppe (n=33) in Bezug auf Schmerz (VAS, VISA-A, VAS-FA), Beweglichkeit (Bennell Test), Balance (BESS Test) und Sprungleistungsfähigkeit (Triple- Hop- Test) verglichen.

Ergebnisse:

Die manuelle Faszien-Gruppe zeigte gegenüber der Gruppe, die das exzentrische Training durchführte, eine bessere Wirkung in Bezug auf VAS ($-4,28 \pm 1,84$ vs. $-1,96 \pm 1,61$, $p < 0,01$), VISA-A ($15,97 \pm 15,15$ vs. $3,53 \pm 8,52$, $p < 0,01$), VAS-FA ($-18,36 \pm 12,57$ vs. $-4,75 \pm 4,92$, $p < 0,01$), BESS ($-4,44 \pm 5,19$ vs. $-1,61 \pm 2,46$, $p < 0,05$) und Bennell ($2,17 \pm 1,37$ vs. $1,07 \pm 1,32$, $p < 0,05$). Die Triple- Hop- Test zeigte hingegen keine verbesserte Sprungfähigkeit ($38,44 \pm 38,10$ vs. $19,95 \pm 31,21$, n.s.). In allen genannten Punkten fanden sich nach der Intervention für die Gruppe der manuellen Faszientechniken signifikante Verbesserungen gegenüber der Kontrollgruppe ($p < 0,01$).

Schlussfolgerung:

Eine Kombination aus Manipulations- und Faszienbehandlung scheint ein effektives Therapiekonzept bei der Behandlung von Patienten mit Achillessehnentendinopathie zu sein und ist im Vergleich zum exzentrischen Training diesem, zumindest nach einem Zeitfenster von vier Wochen, überlegen. Weiterführende klinische Studien als auch Laboruntersuchungen an Geweben wären sinnvoll.

Background:

Achilles tendinopathy, especially being observed in active runners, is a field of manifold research regarding cause of disease and therapies. An eccentric muscle training of longer duration exhibits a positive effect on illness' course. Until today, only limited studies for the success of manual and fascial therapies have been published.

Material and methods:

In this randomised, controlled, unblinded study treatment success after eight therapy units of direct manipulation treatment (high-velocity-low amplitude, HVLA) in combination with a fascial treatment (n=34) vs. eccentric exercise (n= 33) vs. a control group with no intervention (n=33) have been compared referring to pain (VAS, VISA-A, VAS-FA), mobility (Bennell Test), balance (BESS Test) and jump performance (Triple-Hop-Test).

Results:

After treatment, the group receiving the combination of manipulation and fascial treatment showed significant improvements compared to group receiving eccentric exercise regarding VAS (-4,28 ± 1,84 vs. -1,96 ± 1,61, p < 0.01), VISA-A (15,97 ± 15,15 vs. 3,53 ± 8,52, p < 0.01), VAS-FA (-18,36 ± 12,57 vs. -4,75 ± 4,92, p < 0.01), BESS (-4,44 ± 5,19 vs. -1,61 ± 2,46, p <0,05) and Bennell (2,17 ± 1,37 vs. 1,07 ± 1,32, p < 0,05). The Triple-Hop-Test showed no effect (38,44 ± 38,10 vs. 19,95 ± 31,21, n.s.). In addition, the manipulation/fascial treatment group was superior regarding the above mentioned parameter as compared to the control group (p < 0,01).

Conclusion:

Exercise training as well as a combination of HVLA techniques and fascia treatment is both effective approaches to improve pain and functional status in patients with achilles tendinopathy, while, at least after a period four weeks' time, the latter seems superior in regard to several clinical aspects of this common disease. Further studies as well as tissue analysis trials would be reasonable to achieve further insights in disease's course and to develop even more effective treatment strategies.

8 Literaturverzeichnis

- Aagaard, P., Simonsen, E.B., Andersen, J.L., Magnusson P. & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *J Appl Physiol* (92), 2309-2318.
- Abrams, D., Davidson, M., Harrick, J., Harcourt, P., Zylinski, M. & Clancy, J. (2006). Current trends in outcome measure usage in physiotherapy. *Manual Therapy*, 11(1), 46-53.
- Ackermann, P.W., Lundeberg, T. & Kreichsberg, A. (2003). Neuronal plasticity in relation to nociception of rat Achilles tendon. *J Orthop Res*, 21(3), 432-441.
- Ahmed I.M., Lagopoulos, M., McConnell, P., Soames, R.W. & Sefton, G.K. (1998). Blood supply of the Achilles tendon. *J Orthop Res*, 16, 591-596.
- Aitken, R. (1969). Measurement of feeling using visual analogue scales. *Proceedings of the royal Society of Medicine*, 62, 989-993.
- Ajimsha, M.S., Al-Mudahka, N.R. & Al-Madzhar, J.A. (2015). Effectiveness of myofascial release: systematic review of randomized controlled trials. *J Bodyw Mov Ther*, 19(1), 102-112. doi: 10.1016/j.jbmt.2014.06.001.
- Alfredson, H., Pietilä, T., Jonsson, P. & Lorentzon, R. (1998). Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *Am J Sports Med*, 26(3), 360-366.
- Alfredson, H. (2003). Chronic midportion Achilles tendinopathy: an update on research and treatment. *Clin sports Med*. 22(4), 727-741.
- Alfredson, H. & Cook, J. (2007). A treatment algorithm for managing Achillestendinopathy: new treatment options. *Br J Sports Med*, 41, 211-216.
- Alfredson, H. (2014). Schmerzhaftes exzentrisches Wadenmuskeltraining für Patienten mit Mid-Portion Tendinopathie. *Manuelle Therapie*, 18, 113-116.
- Andres, B.M. & Murrell, G.A.C. (2008). Treatment of Tendinopathy. What works, what does not work and what is on the horizon. *Clin orthop Relat Res*, 466(7), 1539-1554. doi: 10.1007/s11999-008-0260-1.
- Arndt, K.H. (1976). *Achillessehnenruptur im Sport*. Leipzig: Barth.
- Arndt, A., Bruggemann G.P., Koebke, J. & Segesser, B. (1999). Asymmetrical loading of the human triceps surae: I. Mediolateral force differences in the Achilles tendon. *Foot Ankle Int*, 20, 444-449.

- Baird, C.J., Shumate, S.M., Tancredi, M.P.J., Cayce, L.M. & Wibbenmeyer, J.L. (2014). The Effects of the Fascial Distortion Model on Chronic Hamstring Tightness. *Topics in Integrative Health Care*, 5(3), ID: 5.3004.
- Barker, P.J., Guggenheimer K.T., Grkovic I., Briggs C.A., Jones D.C., David C. et al. (2006). Effects of tensioning the lumbar fasciae on segmental stiffness during flexion and extension. *J Spine*, 31(4), 397-405.
- Bawa, P. (2002). Neural control of motor output: can training change it? *Exerc Sports Sci Rev*, 30(2), 59-63.
- Bednar, D.A., Drew, F.W., Orr, F.A., William, B., Simon, T. & Gerard, R.W. (1995). Observations on the pathomorphology of the thoracolumbar fascia in chronic mechanical back pain: A microscopic study. *Spine* (20), 1161-1164.
- Bell, D., Guskiewicz, K.M., Clark, M.A. & Padua, D.A. (2011). Systematic Review of the Balance Error Scoring System. *Sports Health*, 3(3), 287-295.
- Benjamin, M. & Ralphs, J.R. (2000). The cell and developmental of tendons and ligaments. *Int Rev Cytol*, 196, 85-130.
- Benjamin, M. (2009) The fascia of the limbs and back –a review. *J Anat*, 214(1), 1-18. doi: 10.1111/j.1469-7580.2008.01011.x.
- Bennell, K., Talbot, R., Wajswelner, H., Techovanich, W. & Kelly, D. (1998). Intrarater and interrater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Aust J Physiother* 44(3), 175-180.
- Bessler, J. & Beyerlein, C. (2009). Standfeste Therapie – Mobilisation des Fußes unter Belastung. *Physiopraxis*, 6(9), 30-33.
- Bialosky, J.E., Bishop, M.D., Robinson, M.E., Barabas, J.A. & George, S.Z. (2008). The influence of expectation on spinal manipulation induced hypoalgesia: an experimental study in normal subjects. *BMC Musculoskelet Disorder*, 9, 19, doi: 10.1186/1471-2474-9-19.
- Bicalho, E., Setti, J.A.P., Macagnan, J., Cano, J.L. & Manfra, E.F. (2010). Immediate effects of a high-velocity manipulation in paraspinal muscles activity of nonspecific chronic low-back pain subjects. *Man Ther*, 15(5), 469-475. doi: 10.1016/j.math.2010.03.012.
- Bischoff, H.P. (1999). *Manuelle Therapie für Physiotherapeuten. Ein kurzgefasstes Lehrbuch*. Balingen: Spitta Verlag.
- Bisiaux M. & Moretto, P. (2008). The effect of fatigue on plantar pressure distribution in walking. *Gait & Posture*, 28, 693-698. doi: 10.1016/j.gaitpost.2008.05.009.
- Bock, O., Schneider, S. & Bloomberg, J. (2001). Conditions for interference versus facilitation during sequential sensorimotor adaptation. *Exp Brain Res*, 138, 359-365.

- Bolgla, L.A. & Keskula D.R. (1997). Reliability of lower extremity functional performance tests. *J Orthop Sports Phys Ther*, 26(3), 138-142.
- Bordoni, B. & Zanier, E. (2014). Understanding Fibroblasts in Order to Comprehend the Osteopathic Treatment of the Fascia. *Hindawi, Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Article, ID 860934, doi.org/10.1155/2015/860934.
- Brantingham, J.W., Bonnefin, D., Perle, S.M., Cassa, T.K., Globe, G., Pribicevic, M. et al. (2012). Manipulative therapy for lower extremity conditions: update of a literature review. *J Manipulative Physiol Ther*, 35(2), 127-166. doi: 10.1016/j.jmpt.2012.01.001.
- Broglio, S.P. (2007). *The influence of ankle support on postural control*, Department of Kinesiology and community Health, The University Illinois at Urbana-Champaign, United States Department of Kinesiology, Georgia College and State University, United States.
- Broglio, S.P., Monk, A., Sopiartz, K. & Cooper, E.R. (2009). The influence of ankle support on postural control. *J Sci.Med Sport*, 12(3), 388-392. doi: 10.1016/j.jsams.2007.12.010.
- Bronfort G., Haas, M., Evans, R. Leininger, B. & Triano, J. (2010). Effectiveness of manual therapies: the UK evidence report. *Chiropractic & Osteopathy*, 18(3). doi: 10.1186/1746-1340-18-3.
- Bunker, T.D. & Anthony, P.P. (1995). The pathology of frozen shoulder- a Dupuytren like disease. *J Bone Join Surg*, 77(5), 677-683.
- Del Buon, A., Chan, O. & Maffulli, N. (2013). Achilles tendon: functional anatomy and novel emerging models of imaging classification. *Int Orthop*, 37(4), 715-721. doi: 10.1007/s00264-012-1743-y.
- Burk, J.M., Munkasy, B.A., Joyner, A.B. & Buckley, T.A. (2013). Balance Error Scoring System Performance Changes After a Competitive Athletic Season. *Clin J Sport Med*, 23(4), 312-317. doi: 10.1097/JSM.0b013e318285633f.
- Campanelli, V., Fantini, M., Faccioli, N., Cangemi, A., Pozzo, A. & Sbarbati, A. (2011). Three-dimensional morphology of heel fat pad: an in vivo computed tomography study. *J. Ant.*, 219, 622-631. doi: 10.1111/j.1469-7580.2011.01420.x.
- Campbell, B.D. & Snodgrass, S.J. (2010). The effects of thoracic manipulation on posteroanterior spinal stiffness. *J Orthop Sports Phys Ther.*, 40(11), 685-693. doi: 10.2519/jospt.2010.3271.
- Carcia, C.R., Martin, R.L., Houck, J. & Wukich, D.K. (2010). Achilles pain, stiffness, and muscle power deficits: Achilles tendinitis. *J Orthop Phys Ther*, 40(9), 1-26. doi: 10.2519/jospt.2010.0305.
- Cassel, M., Baur, H., Hirschmüller, A., Carlson, A., Fröhlich, K. & Mayer, F. (2014). Prevalence of Achilles and patellar tendinopathy and their association to intratendinous changes in adolescent athletes. *Scand J Med Sci Sports*. doi: 10.1111/sms.12318.

- Chen T.M., Rozen, W.M., Pan, W.R., Ashton, M.W., Richardson, M.D. & Taylor, G.I. (2009). The arterial anatomy of the Achilles tendon: anatomical study and clinical implications. *Clin Anat*, 22, 377-385. doi: 10.1002/ca.20758.
- Chen, L., Wu, Y., Yu, J., Jiao, Z., Ao, Y., Yu, C. et al. (2011). Effect of repeated freezing-thawing on the Achilles tendon of rabbits. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 19(6), 1028-1034. doi: 10.1007/s00167-010-1278-y.
- Chen, W.M., Park, J., Park, S.B., Shim, V.P.W. & Lee, T. (2012). Role of gastrocnemius – soleus muscle in forefoot force transmission at heel rise – A 3D finite element analysis. *J Biomech*, 45(10), 1783-1789. doi: 10.1016/j.jbiomech.2012.04.024.
- Cheung, J.T., Zhang, M. & AN, K.N. (2004). Effects of plantar fascia stiffness on the biomechanical responses of the ankle foot complex. *clin biomech* 19, 839-846.
- Chissholm, M. (2012). Reliability and Validity of a Weight-Bearing Measure of Ankle Dorsiflexion Range of Motion. *Physiother Can*, 64(4), 347-355. doi: 10.3138/ptc.2011-41.
- Christian, G. F., Stanton, G. J., Sissons, D., How, H.Y., Jamison, J., Alder, B., et al (1988). Immunoreactive ACTH, b-endorphine, and cortisol levels in plasma following spinal manipulative therapy. *Spine (Phila Pa 1976)*, 13(12), 1411-1417.
- Chuter, V.H., Janse de Jonge, J., Thompson, B.M. & Callister, R. (2015). The efficacy of a supervised and a home- based core strengthening programme in adults with poor core stability: a three arm randomized controlled trial. *Br J Sports Med*, 49(6), 395-399. doi: 10.1136/bjsports-2013-093262.
- Colloca, C.J., Keller, T.S. & Gunzburg, R. (2003). Neuromechanical Characterization of in vivo Lumbar Spinal Manipulation. Part II. Neurophysiological response. *J Manipulative Physiol Ther* 26(9), 579-591.
- Conradi, S. & Smolenski, U.C. (2005). Testgütekriterien manualmedizinischer Tests bei Low-back-pain-Patienten. Eine Literaturrecherche. *Manuelle Medizin*, 43, 227–234.
- Cook, J.L., Khan, K.M. & Purdam, C. (2002). Achillestendinopathy. *Man Ther*, 7(3), 121-130.
- Cowan, S.M., Hodges, P.W., Bennell, K.L. & Crossley, K.M. (2002). Altered vastiirecruitment when people with patellofemoral pain syndrome complete a postural task. *Arch Phys Med Rehabil*, (83), 989-995.
- Cuccia, A. M., Caradonna, C., Annunziata, V. & Caradonna, D. (2009). Osteopathic manual therapy versus conventional conservative therapy in the treatment of temporomandibular disorders: a randomized controlled trial. *J Bodyw Mov Ther*, 14(2), 179-184. doi:10.1016/j.jbmt.2009.08.002.

- Cummings, J., Anson, J., Carr, W. & Wright, R.J.H. (1946). The structure of the calcaneal tendon (of Achilles) in relation to orthopedic surgery with additional of the plantaris muscle. *Surg Gynecol Obstetr*, 83, 107-116.
- Day, J., Stecco, C. & Stecco, A. (2009). Application of Fascial Manipulation technique in chronic shoulder pain anatomical basis and clinical implications. *J Bodyw Mov Ther*, 13(2), 128-135. doi: 10.1016/j.jbmt.2008.04.044.
- Del Buon, A., Chan, O. & Maffulli, N. (2013). Achilles tendon: functional anatomy and novel emerging models of imaging classification. *Int Orthop*, 37(4), 715-721. doi: 10.1007/s00264-012-1743-y.
- Derave, W., De Clercq, D., Bouckaert, J. & Pannier, J.L. (1998). The influence of exercise and dehydration on postural stability. *Ergonomics*, 41(6), 782-789.
- Dereli, E. & Yaliman, A. (2010). Comparison of the effects of a physiotherapist- supervised exercise programme and a self- supervised exercise programme on quality of life in patients with Parkinson's disease. *Clin Rehabil*, 24(4), 352-362. doi: 10.1177/0269215509358933.
- Deursen, J.M., Patijn, J., Ockhuysen, A.L. & Vortman, B.J. (1990). The value of different clinical tests of the sacroiliac joint. *J Manual Med*, 5, 96-99.
- Deutscher Bundestag (2006). 11. Sportbericht, Drucksache 16/3750. Verfügbar unter http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Veroeffentlichungen/11_sportbericht.pdf. [Mai, 2014].
- Di Matteo, B., Filardo, G., Kon, E. & Marcacci, M. (2015). Plateletrich plasma: evidence for the treatment of patellar and Achilles tendopathy- a systematic review. *Musculoskelet Surg*, 99(1), 1-9. doi: 10.1007/s12306-014-0340-1.
- Dishman, R. (1990). Manipulation of the Ankle and Foot. *Dynamic Chiropractic*, 8(21).
- Dishman, J.D., Cunningham, B.M. & Burke, J.R. (2002). Comparison of Tibial Nerve H-Reflex Excitability after Cervical and Lumbar Spine Manipulation. *JMPT* DOI:10.1067/mmt2002.124420.
- Dishman, J.D., Dougherty, P.E. & Burke, J.R. (2005). Evaluation of the effect of postural perturbation on motoneuronal activity following various methods of lumbar spinal manipulation. *Spine J*, 5(6), 650-659.
- Dishman, J.D., Greco, D.S. & Burke, J.R. (2008). Motor-evoked potentials recorded from lumbar erector spinae muscles: A study of cortospinal excitability changes associated with spinal manipulation. *J Manipulative Physiol Ther*, 31(4), 258-270. doi: 10.1016/j.jmpt.2008.03.002.
- Docherty, C. (2006). Postural Control Deficits in Participants with Functional Ankle Instability as Measured by the Balance Error Scoring System. *Clin J Sport Med*, 16, 203-208.

- Dodd, J.G., Good, M.M., Nguyen, T.L., Grigg, A., Batia, L.M. & Standley, P.R. (2006). In vitro biophysical strain model for understanding mechanisms of osteopathic manipulative treatment. *J Am Osteopath Assoc.*, 106(3), 157-66.
- Ehrlich, H.P., Allison, G.M. & Legett, M. (2006). The myofibroblast, cadherin, alpha smooth muscle actin and the collagen effect. *Cell Biochem Funct*, 24(1), 63-70.
- Elias, D.A., Carne, A., Bethapudi, S., Engebretsen, L., Budgett, R. & O'Connor, P. (2013). Imaging of plantar fascia and Achilles injuries undertaken at the London 2012 Olympics. *Skeletal Radiol*, 42(12), 1645-1655. doi: 10.1007/s00256-013-1689-1.
- Era, P., Sainio, P., Koskinen, S., Haavisto, P., Vaara, M. & Aromaa, A. (2006). Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology*, 52(4), 204-213.
- Ernest, E. (2006). A systematic review of systematic reviews of spinal manipulation. *The Royal Society of Medicine*, 99(4), 192-6.
- Ervilha, U.F., Farina, D., Arendt-Nielsen, L. & Graven-Nielsen, T. (2005). Experimental muscle pain changes motor control strategies in dynamic contractions. *Exp Brain Res* (164), 215-224.
- Esteves, J.E. & Spence, C. (2014). Developing competence in diagnostic palpation: Perspectives from neuroscience and education. *Int. Journal of Osteopathic Medicine*, 17(1), 52-60.
- Evans, D.W. & Lucas, N. (2010). What is "manipulation"? A reappraisal. *Man Ther.*, 15(3), 286-291. doi: 10.1016/j.math.2009.12.009.
- Fahlström, M., Jonsson, P., Lorentzon, R. & Alfredson, H. (2003). Chronic achilles tendon pain treated with eccentric calf- muscle training. *Knee Surg sports Traumatol Arthrosc.*, 11(5), 327-33.
- Fairdough, J., Hayashi K., Toumi, H., Lyons, K., Bydder, G., Phillips, N. et. al. (2006) The functional anatomy of the iliotibial band during flexion and extension of the knee: implications for understanding iliotibial band syndrome. *J Anat* 208 (3), 309-316.
- Farina, D., Arendt-Nielsen, L., Merletti, R. & Graven-Nielsen, T. (2003). Effect of experimental muscle pain on motor unit firing rate and conduction velocity. *J Neurophysiol* 91(3), 1250-1259.
- Ferreira, M.L., Ferreira, P.H. & Hodges, P.W. (2006). Changes in postural activity of the trunk muscles following spinal manipulative therapy. *Manual Therapy*, 12, 240-248.
- Fields, K.B., Sykes, J.C., Walker, K.M. & Jackson, J.C. (2010). Prevention of running injuries. *Curr Sports Med Rep*, 9(3), 176-182. doi: 10.1249/JSR.0b013e3181de7ec5.
- Findley, T.W. (2009). Editorial Second International Fascia Research Congress. *International Journal of Therapeutic Massage and Bodywork*, 2 (2), 1-6.
- Fischer, M., Riedlinger, K., Gutenbrunner, C. & Bernateck, M. (2009). Influence of the temporomandibular joint on range of motion of the hip joint in patients with complex regional pain syndrome. *J Manipulative Physiol Ther* 32(5), 364-371. doi: 10.1016/j.jmpt.2009.04.003.

- Folstein, M.F. & Luria, R. (1973). Reliability, validity and clinical implications of the visual analogue scale. *Psychological Medicine*, 3, 479-486.
- Fox, Z.G., Mihalik, J.P., Blackburn, J.T., Battaglini, C.L. & Guskiewicz, K.M. (2008). Return of Postural Control to Baseline After Anaerobic and Aerobic Exercise Protocols. *J Athl Train*, 43(5), 456-463. doi: 10.4085/1062-6050-43.5.456.
- Franettovich-Smith, M.M., Honrywill, C., Wyndow, N., Crossley, K.M. & Creaby, M.W. (2014). Neuromotor control of gluteal muscles in runners with Achilles tendinopathy. *Med Sci Sports Exerc*, 46(3), 594-599. doi: 10.1249/MSS.0000000000000133.
- Fukashiro, S., Komi, P.V., Järvinen, M. & Miyashita, M. (1995). In vivo Achilles tendon loading during jumping in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 71, 453-458.
- Fukashiro, S., Itoh, M., Ichinose, Y., Kawakami, Y. & Fukunaga, T. (1995). Ultrasonography gives directly but non invasively elastic characteristics of human tendon in vivo. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 71(6), 555-557.
- Gaida, J.E., Cook, J.L., Bass, S.L., Austen, S. & Kiss, Z.S. (2004). Are unilateral and bilateral patellar tendinopathy distinguished by differences in anthropometry, body composition, or muscle strength in elite female basketball players? *Br J Sports Med*, 38, 581-585.
- Gaida, J.E., Alfredson, L., Kiss, Z.S., Wilson, A.M., Alfredson, H. & Cook, J.L. (2009). Dyslipidemia in Achilles tendinopathy is characteristic of insulin resistance. *Med Sci Sports*, 41(6), 1194-1197. doi: 10.1249/MSS.0b013e31819794c3.
- Gill, S., Gelbke, M.K., Mattson, S.L., Anderson, M.W. & Hurwitz, S.R. (2004). Fluoroscopically guided low-volume peritendinous corticosteroid injection for Achilles tendinopathy. *J Bone Joint Surg Am.*, 86, 802-806.
- Gjorup, T. (1988). The Kappa Coefficient and the prevalence of a diagnosis. *Meth Inform Med* 27(4), 184-186.
- Good, A.B. (1985). Spinal joint blocking. *J Manipulative Physiol Ther.*, 8(1), 1-8.
- Gouin, J.-P., Carter, S., Pournajafi-Nazarloo, H., Glaser, R., Malarkey, W.B. & Loving, T. et al. (2010). Marital behavior, Oxytocin, Vasopressin, and wound healing. *Psychoneuroendocrinology*. 35(7), 1082-1090. doi: 10.1016/j.psyneuen.2010.01.009.
- Grau, S., Baur, H. & Horstmann, T. (2003). Pronation in der Sportschuhforschung. *Deutsche Zeitung für Sportmedizin*, 54(1), 17-24.
- Graven-Nielsen, T. (2006). Fundamentals of muscle pain, referred pain, and deep tissue hyperalgesia. *Scand J Rheumatol*, 122, 1-43.
- Greenman, P.E. (2005). *Lehrbuch der Osteopathischen Medizin* (3. Aufl.). Stuttgart: Karl Haug.

- Grindstaff, T.L., Hertel, J., Beazell, J.R., Magrum E.M. & Ingersol, C.D. (2009). Effects of lumbopelvic joint manipulation on quadriceps activation and strength in healthy individuals. *Man Ther*, 14(4), 415-420. doi: 10.1016/j.math.2008.06.005.
- Guskiewicz, K.M., Ross, S.E. & Marshall, S.W. (2001). Postural Stability and Neuropsychological Deficits after Concussion in Collegiate Athletes. *J Athl Train.*, 36(3), 263-273.
- Haglund-Akerlind, Y. & Eriksson E. (1993). Range of motion, muscle torque and training in runners with and without Achilles tendon problems. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1(3-4),195-199.
- Hamilton, R.T., Schultz, S.J., Schmitz, R.J. & Perrin, D.H. (2008). Triple-Hop Distance as a Valid Predictor of Lower Limb Strength and Power. *J Athl Train*, 43(2), 144-151. doi: 10.4085/1062-6050-43.2.144.
- Hansen, B.E., Simonsen, T. & Leboeuf-Yde, C. (2006). Motion palpation of the lumbar spine – a problem with the test or the tester? *J Manipulative Physiol Ther.*, 29(3), 208-212.
- Henssler, S., Heinemann, D., Becker, M.T., Ackermann, H., Wiesemann, A., Abholz, H.H., et al. (2009). Chronic pain in German general practice. *Pain Med.* 2009 Nov;10(8),1408-15
- Heymann, von W. (2013). Vergleich chiropraktischer Manipulation mit Diclofenac- und Placebobe-handlung bei akuter, nichtspezifischer Lumbalgie. Prospektiv- randomisierte Doppelblindstudie. *Manuelle Medizin*, 51, 307-312.
- Hides, J.A., Miokovic, T., Belavý, D.L., Stanton, W.R. & Richardson, C.A. (2007). Ultrasound imaging assessment of abdominal muscle function during drawing in of the abdominal wall: an intrarater reliability study. *J Orthop Sports Phys Ther* 37(8), 480–486.
- Hilfiker, R. (2008). Schmerzintensität messen. *Physiopraxis.* 6(11/12), 46–47.
- Hintermann, B. & Nigg, B.M. (1998). Pronation in runners Implications for injuries. *Sports Med* 26, 169-176.
- Hirschmüller, A., Baur, H., Müller, S. & Mayer, F. (2005). Quantification of strength capacities and neuromuscular efficiency in healthy runners and runners with Achilles tendon complaints. *Deutsche Zeitschrift Sportmed*, 2, 39-44.
- Hirschmüller, A. (2014). Achillodynie: Pathophysiologie und Diagnostik. *Manuelle Therapie*, 18, 107-112.
- Hjermstad , M.J., Fayers, P.M., Haugen, D.F., Caraceni A., Hanks, G.W., Loge, J.H., et al. (2011). Studies comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales and Visual Analogue Scales for Assessment of Pain Intensity in Adults: A Systematic Literature Review. *J Pain Symptom Manage*, 41(6), 1073-93.
- Hoskins, W., McHardy, A., Pollard, H., Windsham, R. & Onley, R. (2006). Chiropractic Treatment of Lower Extremity Conditions: A Literature Review. *J Manipulative Physiol Ther*, 29(8), 658-671.

- Howell, J.N., Cabell, K.S., Chila, A.G. & Eland, D.C. (2006). Stretch reflex and Hoffman reflex responses to osteopathic manipulative treatment in subjects with Achilles tendinitis. *J AM Osteopath Assoc*, 106(9), 537-545.
- Howell, J.N., Conatser, R.R., Williams, R.L., Burns, J.M. & Eland, D.C. (2008). The virtual haptic back: A simulation for training in palpatory diagnosis. *BMC Medical Education*, 8(14). doi: 10.1186/1472-6920-8-14.
- Hsu, C.J., Wang, D.Y., Tseng, K.F., Fong, Y.C., Hsu, H.C. & Jim, Y.F. (2008). Extracorporeal shock wave therapy for calcifying tendinitis of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg*, 17(1), 55-59.
- Huijing, P.A. (2009). Epimuscular myofascial force transmission: A historical review and implications for new research. International society of biomechanics Muybridge award lecture, Taipei, 2007. *J of Biomech*, 42, 9-21.
- Huijing, P.A., Maas, H. & Baan, G.C. (2003). Compartmental fasciotomy and isolating a muscle from neighboring muscles interfere with myofascial force transmission within the rat anterior crural compartment. *J Morphol*, 256, 306-321.
- Hutchison, A.M., Evans, R., Bodger, O., Pallister, I., Topliss, C., Williams, C. et al. (2013). What is the best clinical test for Achilles tendinopathy? *Foot Ankle Surg*, 19(2), 112-117. doi: 10.1016/j.fas.2012.12.006.
- Inglemark, B.E. (1943). Über den Bau der Sehne während verschiedener Altersperioden und unter wechselnden funktionellen Bedingungen. *Acta soc Med Uppsala*, 50, 357-396.
- Iversen J.V., Bartels E.M. & Langberg H. (2012). The Victorian Institute of Sports Assessment-Achilles Questionnaire (VISA-A)-A Reliable Tool for Measuring Achilles Tendinopathy. *Int J Sports Phys Ther*, 7(1), 76-84.
- Iverson, G.L. & Koehle, M.S. (2013). Normative Data for the Balance Error Scoring System in Adults. *Rehabil Res Pract*, 2013, 846418. doi: 10.1155/2013/846418.
- Iverson, C.A., Sutlive, T.G., Crowell, M.S., Morrell, R.L., Perkins, M.W., Garber, M.B., et al. (2008). Lumbopelvic Manipulation for the Treatment of Patients with Patellofemoral Pain Syndrome: Development of a Clinical Prediction Rule. *J Orthop Sports Phys Ther*, 3(6), 297-312. doi: 10.2519/jospt.2008.2669.
- Järvinen, T., Kannus, P., Paavola, M., Järvinen, T.L., Józsa, L. & Järvinen, M. (2001). Achilles tendon injuries. *Curr Opin Rheumatol*, 13(2), 150-155.
- Jopp, I. (2001). Morphologische und biomechanische Untersuchungen am Tendo calcaneus communis des Hundes. Diss. med. vet. Institut für Tieranatomie, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

- Kader, D., Saxena, A., Movin, T. & Mafulli, M. (2002). Achilles tendinopathy: some aspects of basic science and clinical management. *Br J Sports Med* 36(4), 239-249.
- Kannus, P., Josza, L., Natri, A. & Järvinen, M. (1997). Effects of training immobilisation and remobilisation on tendons. *Scan J Med Sci Sports*, 7(2), 67-71.
- Karandikar, N. & Vargas, O.O. (2011). Kinematic chains: a review of the concept and its clinical applications. *PM R*, 3(8), 739-745. doi: 10.1016/j.pmrj.2011.02.021.
- Kaufman, K.R., Brodine, S.K., Shaffner, R.A., Johnson, C.W. & Cullison, T.R. (1999). The Effect of Foot Structure and Range of Motion on Musculoskeletal Overuse Injuries. *Am J Sports Med*, 27(5), 585-593.
- Keller, T.S., Colloca, C.J. & Gunzburg, R. (2003). Neuromechanical characterization of in vivo lumbar spinal manipulation. Part I. Vertebral motion. *J Manipulative Physiol Ther.*, 26(9), 567-578.
- Kiiskinen, A. & Heikkinen, E. (1973). Effect of physical training on development and strength of tendons and bones in growing mice. *Scand J Clin Lab Invest*, 29, (123).
- Kjaer M., Langberg H. & Miller B.F. (2005). Metabolic activity and collagen turnover in human tendon in response to physical activity. *J Musculoskeletal Neuronal Interact*, 5(1), 41-52.
- Knobloch, K., Kraemer, R., Jagodzinski, M., Zeichen, J., Meller, R. & Vogt, P.M. (2007). Eccentric training decreases paratendon capillary bloodflow and preserves paratendon oxygen saturation in chronic Achilles tendinopathy. *J Orthop Sports Phys Ther*, 37(5), 269-76.
- Knobloch, K. (2008). The role of tendon microcirculation in Achilles and patellar tendinopathy. *J Orthop Surg Res*, 3, 18. doi: 10.1186/1749-799X-3-18.
- Kolker; D., Marti, C.B. & Gautier, E. (2002) Pericuboid fracture-dislocation with cuboid subluxation. *Foot Ankle Int*, 23(2), 163-167.
- Konor, M.M., Morton, S., Eckerson, J.M. & Grindstaff, T.L. (2012). Reliability of three Measures of Ankle Dorsiflexion Range of Motion. *Int J Sports Phys Ther.*, 7(3), 279-287.
- Krämer, R., Lorenzen, J., Vogt, P. M. & Knobloch, K. (2010). Systematische Literaturanalyse über exzentrisches Training bei chronischer Midportion-Achillestendinopathie: Gibt es einen Standard? *Sportverl Sportschaden*, 4(24), 204–211. doi: 10.1055/s-0029-1245820.
- Kubo, K., Kanehisa, H. & Fukunago, T. (2005). Effects of cold and hot water immersion on the mechanical properties of human muscle and tendon in vivo. *Clin Biomech*, 20(3), 291-300.
- Kujala, U.M., Osterman, K., Kvist, M., Aalto, T. & Friberg, O. (1986). Factors predisposing to patellar chondropathy and patellar apicitis in athletes. *Int Orthop*, 10(3), 195-200.
- Kut, E., Candia, V., von Overbeck, J., Pork, J., Fink, D. & Folkers, D. (2011). Pleasur-related analgesia activates opioid-insensitive circuits. *J Neurosci*, 31(11), 4148-4153. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3736-10.2011.

- Kvist, M. (1994). Achilles tendon injuries in athletes. *Sports Med*, 18(3), 173-201.
- Kwong, E.H. & Findley, T.W. (2014). Fascia – Current knowledge and future directions in physiatry: narrative review. *J Rehabil Res Dev*, 51(6), 875-884. Doi: 10.1682/JRRD.2013.10.0220.
- Langevin, H.M., Fox, J.R., Koptiuch, C., Badger, G.J., Greenan-Naumann, A.C., Bouffard, N.A. et al. (2011). *Reduced thoracolumbar fascia shear strain in human chronic low back pain*. BMC, 12, 203. <http://www.biomedcentral.com> [Mai, 2014].
- Lau, H.M.C., Chiu, T.T.W. & Lam, T.H. (2010). The effectiveness of thoracic manipulation on patients with chronic neck pain – A randomized controlled trial. *Man Ther.*, 16(2), 141-147.
- Lawrence, D.J. (2001). Chiropractic manipulation for the foot: Diversified chiropractic techniques. *Man Ther*, 6(2), 66-71.
- Leadbetter, W.B. (1992). Cell-matrix response in tendon injury. *Clin Sports Med*, 11(3), 533-578.
- Lee, M., Latimer, J. & Maher, C. (1993). Manipulation: investigation of a proposed mechanism. *Clin Biomech*, 8(6), 302-306.
- Lehman, G.J., Vernon, H. & McGill, S.M. (2001). Effects of a Mechanical Pain Stimulus on Erector Spinae Activity Before and after a Spinal Manipulation in Patients with Back Pain: A Preliminary Investigation. *J Manipulative Physiol Ther*, 24(6), 402-406.
- Lersch, C., Grötsch, A., Segesser, B., Koebeke, J., Brüggemann, G.P. & Potthast, W. (2012). Influence of calcaneus angle and muscle forces on strain distribution in the human Achilles tendon. *Clin Biomech*, 27(9), 955-61. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2012.07.001.
- Licht, G., Müller-Ehrenberg, H., Mathis, J., Berg, G. & Greitemann, G. (2007). Untersuchung myofaszialer Triggerpunkte ist zuverlässig. Intertester-Reliabilität an insgesamt 304 Muskeln überprüft. *Manuelle Medizin*, 45, 402–408.
- Lohrer, H. (2006). Die Achillodynie – Eine Übersicht. *Orthopädieschuhtechnik*, 7(8), 34-41.
- Lohrer, H. & Nauck, T. (2010). Crosscultural adaptation and validation of the VISA-A questionnaire for German-speaking Achilles tendinopathy patients. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11, 37. doi: 10.1186/1471-2474-10-134.
- Lopes A.D., Hespanhol, L.C., Yeung, S.S. & Costa, L.O. (2012). What are the main running-related musculoskeletal injuries? A Systematic Review. *Sports Med*;42:891-905.
- Maffulli, N. (1999). Current concepts review-Rupture of the Achilles tendon. *J Bone Joint Surg*, 81, 1019-1036.
- (a)Maffulli N., Kenward M.G., Testa V., Capasso G., Regine R. & King J.B. (2003). Clinical diagnosis of Achilles tendinopathy with tendinosis. *Clin J Sport Med*, 13(1), 11-15.

- (b)Maffulli, N., Wong, J. & Almekinders, L.C. (2003). Types and epidemiology of tendinopathy. *Clin J Sport Med*, 22(4), 675-692.
- Mafi, N., Lorentzon, R. & Alfredson, H. (2001). Superior short-term results with eccentric calf muscle training compared to concentric training in a randomized prospective multi center study on patients with chronic Achilles tendinosis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 9(1), 42-47.
- Mahieu, N.N., Witvrouw, E., Stevens, V., Van Tiggelen, D. & Roget, P. (2006). Intrinsic risk factors for the development of Achilles tendon overuse injury: a prospective study. *Am J Sports Med.*, 34(2), 226-235.
- Maigne, J.Y. & Vautravers, P. (2003). Mechanism of action of spinal manipulative therapy. *Joint Bone Spine*, 70(5), 336-341.
- Maquirriain, J. (2012). Leg Stiffness Changes in Athletes with Achilles Tendinopathy. *Int J Sports Med*, 33(7), 567-571. doi: 10.1055/s-0032-1304644.
- Maquirriain, J. & Kokalj, A. (2014). Acute Achilles tendinopathy: effect of pain control on leg stiffness. *J Musculoskeletal Neuronal Interact*, 14(1), 131-136.
- Masood, T., Kallokoski, K., Bojsen-Møller, J., Magnusson, S.P. & Finni, T. (2014). Plantarflexor muscle function in healthy and chronic Achilles tendon pain subjects evaluated by the use of EMG and PET imaging. *Clin Biomech*, 29(5), 564-570. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2014.03.003.
- Mayer, H. & Dickhuth, H. (2002). Chronische Achillessehnenbeschwerden im Sport. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 53(9), 256-257.
- Mayer, F., Grau, S., Bäurle, M., Krauss, I., Maiwald, C. & Baur, H. (2000). Achillessehnenbeschwerden im Laufsport ein aktueller Überblick. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 51(5), 161-167.
- Mayer, F., Müller, S., Hirschmüller, A., Cassel, M., Linne, K. & Baur, H. (2008). Die Effizienz konservativer Therapiemaßnahmen bei Tendopathien im Sport. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59(11), 251-254.
- McLauchlan, G.I. & Handoll, H.H. (2011). Intervention for treating acute and chronic Achilles tendinitis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, doi: 10.1002/14651858.CD000232.pub2.
- Medcode (2012). M76.6. Verfügbar unter <http://www.medcode.ch/de/de/icds/ICD10-GM> [Februar, 2015].
- Mc Partland, J.M., Goodridge, J. & Brodeur, R. (1998): Die Reliabilität der Counterstrain-Methode zwischen Untersucher gegenüber traditionellen diagnostischen Methoden. *Manuelle Medizin* 136, 290-295.
- McPartland, J. M., Giuffrida, A., King, J., Skinner, E., Scotter, J. & Musty, R.E. (2005). Cannabimimetic effects of osteopathic manipulative treatment. *J Am Osteopath Assoc*, 105(6), 283-291.

- Meltzer, K.R. & Standley, P.R. (2007). Modeled repetitive motion strain and indirect osteopathic manipulative techniques in regulation of human fibroblast proliferation and inter-leukin secretion. *J Am Osteopath Assoc*, 107(12), 527-536.
- Mengiardi, B., Pfirrmann, C.W., Gerber, C., Hodler, J. & Zanetti, M. (2004). MR artroskopische findings. *Radiology*, 233(2), 486-492.
- Mense, S. (1999) Neue Entwicklungen im Verständnis von Triggerpunkten. *Manuelle Med* 37, 115–120.
- Mense, S. (2001) Pathophysiology of low back pain and the transition to the chronic state – experimental data and new concepts. *Schmerz*, 15(6), 413–417.
- Möller, H.D., Evans, C.H. & Mafulli, N. (2000). Current aspects of tendon healing. *Orthopade*, 29(3), 182-187.
- Moretti, B., Garofalo, R., Genco, S., Patella, V. & Mouhsine, E. (2005). Medium-energy shock wave therapy in the treatment of roator cuff calcifying tendinitis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 13(5), 405-410.
- Murphy, D., McDonald, A., Power, C., Unwin, A. & Mac Sullivan, R. (1987). Measurement of Pain: A Comparison of the Visual Analogue with a Non visual Analogue Scale. *Clin J Pain*, 3(4), 197-99.
- Nachemson, A.L. (1992). Newest knowledge of low back pain. *Clin Orthop*, 279, 8–20.
- Nigg, B., Nurse, M. & Stefanyshyn, D. (1999). Shoe inserts and orthotics for sport and physical activities. *Med Sci Sports Exerc*, 31(7), 421-428.
- Njoo, K. & Van der Does, E. (1994). The occurrence and inter-rater reliability of myofascial trigger points in the quadratus lumborum and glutaeus medius: a prospective study in non-specific low back pain patients and controls in general practice. *Pain*, 58(3), 317-323.
- Nørregaard, J., Larsen C.C., Bieler, T. & Langberg, H. (2007). Eccentric exercise in treatment of Achilles tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports*, 17(2), 133-138.
- O'Brien, M. (2005). The anatomy of the Achilles tendon. *Foot Ankle Clin*, 10(2), 225-238.
- Öhberg, L. & Alfredson, H. (2004). Effects on neovascularization behind the good results with eccentric training in chronic midportion Achilles tendinosis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 12(5), 465-470.
- Öhberg, L., Lorentzon, R. & Alfredson, H. (2004). Eccentric training in patients with chronic Achilles tendinosis: normalized tendon structure and decreased thickness at follow up. *Br J Sports Med*, 38(1), 8-11.
- Paoletti, S. (2001). *Faszien-Anatomie-Strukturen-Technik-Spez.Osteopathie* (1. Aufl.). München: Urban & Fischer.

- Park, D.Y. & Chou, L. (2006). Stretching for prevention of Achilles tendon injuries: A review of the literature. *Foot Ankle Int*, 27(12), 1086-1095.
- Patel, A.V., Mihalik, J.P., Notebaert, A.J., Guskiewics, K.M. & Prentice, W.E. (2007). Neuropsychological Performance, Postural Stability and Symptoms After Dehydration. *J Athl Train*, 42(1), 66-75.
- Patijn, J. (2002). Studien zur Reproduzierbarkeit und Validität diagnostischer Verfahren in der Manuellen Medizin. *Manuelle Medizin*, 40(6), 339-351.
- Petrofsky, J.S., Laymon, M. & Lee, H. (2013). Effect of heat and cold on tendon flexibility and force to flex the human knee. *Med Sci Monit*, 19, 661-667. doi: 10.12659/MSM.889145.
- Pfeifer, K., Banzer, W., Hänsel, F., Hübscher, L., Vogt, L. & Zech, A. (2009). *Wissenschaftliche Expertise "Sensomotorisches Training – Propriozeptives Training"*. BISP-Jahrbuch – Forschungsförderung 2008/09, 25-32.
- Pickar, J.G. & Wheeler, J.D. (2001). Response of Muscle Proprioceptors to Spinal Manipulative-like loads in the Anesthetized Cat. *J Manipulative Physiol Ther*, 24(1), 2-11.
- Pickar, J.G. (2002). Neurophysiological effects of spinal manipulation. *Spine*, 2(5), 357-371.
- Rees, J.D., Wilson, A.M. & Wolman, R.L. (2006). Current concepts in the management of tendon disorders. *Rheumatology*, 45(5), 508-521.
- Renan-Ordine, R., Alburquerque-Sendin, F., Rodrigues De Souza, D.P., Cleland, J.A. & Fernandez-De-Las-Penas, C. (2011). Effectiveness of Myofascial Trigger Point Manual Therapy Combined With a Self-Stretching Protocol for the Management of Plantar Heel Pain: A Randomized Controlled Trial. *J Orthop Sports Phys Ther*, 41(2), 43-50.
- Richter, M., Wippermann, B., Krettek, C., Schrott, E., Hufner, T. & Thermann, H. (2001). Fractures and fracture dislocations of the midfoot- occurrence, causes and longterm results. *Foot Ankle Int*, 22(5), 392-398.
- Richter, M., Zech, S., Geerling, J., Frink, M., Knobloch, K. & Krettek, C. (2006). A new Foot and Ankle outcome score: Questionnaire based, subjective, Visual- Analogue- Scale, validated and computerized. *Foot Ankle Surg*, 12, 191-199.
- Riemann, B.L., Guskiewicz, K.M. & Shields, E.W. (1999). Relationship between clinical and forceplate measures of postural stability. *J Sport Rehabil*, 8(2), 71-82.
- Riemann, B.L. & Lephart, S.M. (2002). The sensorimotor system. Part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train*, 37(1), 71-79.
- Risberg, M.A., Mørk, M., Jenssen, H.K. & Holm, I. (2001). Design and implementation on of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther*, 31(11), 620-631.

- Roberts, T.J. (2002). The integrated function of muscles and tendons during locomotion. *Comp Bi- ochem Physiol A Mol Integr Physiol*, 133(4), 1087-1099.
- Robinson, J., Cook, J., Purdam, C., Visentini, P., Ross, J., Maffulli, N. et al. (2001). The VISA-A questionnaire: a valid and reliable index of the clinical severity of Achilles tendinopathy. *Br J Sports*, 35(5), 335-341.
- Rompe, J.D., Nafe, B., Furia, J.P. & Maffulli, N. (2007). Eccentric loading, shock-wave treatment, or a wait-and see policy for tendinopathy of the main body of tendo Achillis: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med*, 35(3), 374-383.
- Rompe, J.D., Furia, J. & Maffulli, N. (2008). Eccentric loading compared with shock wave treatment for chronic insertional achilles tendinopathy. A randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*, 90(1), 52-61. doi: 10.2106/JBJS.F.01494.
- Rompe, J. D., Cacchio, A., Weil, L., Furia, J. P., Haist, J. & Reiners, V. et al. (2010). Plantar fascia-specific stretching versus radial shock-wave therapy as initial treatment of plantar fasciopathy. *J Bone Joint Surg*, 92(15), 2514-2522. doi: 10.2106/JBJS.I.01651.
- Ryan, M., Grau, S., Krauss, I., Maywald, C., Taunton J. & Horstmann, T. (2009). Kinematic analysis of runners with achilles mid-portion tendinopathy. *Foot Ankle Int*, 30(12), 1190-1195. doi: 10.3113/FAI.2009.1190.
- Sacher, R., Alt, B., Koch, L.E., Wuttke, M., Göhmann, U., Krockner, B. et al. (2011). Die Manipulation in funktionell ungestörten Regionen des Bewegungssystems – Ein funktioneller Denk- und Diskussionsansatz. *Manuelle Medizin*, 49, 6-10.
- Sarrafian, S.K. (1987). Functional characteristics of the foot and plantar aponeurosis under tibio-talar loading. *Foot Ankle* 8, 4-18.
- Saxena, A., (2000). Return to athletic activity after foot and ankle surgery: a preliminary report on select procedures. *J Foot Ankle Surg*, 39(2), 114-119.
- Schepesis, A., Jones, H. & Haas, A. (2002). Achilles tendon disorders in athletes. *Am J Sports Med*, 30(2), 287-305.
- Schiebler, T. (2002). Allgemeine Anatomie des Bewegungsapparates. In W. Schmidt (Hrsg.), *Anatomie* (144-145). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Schleip, R. (2003). Fascial plasticity – a new neurobiological explanation, Part1. *J Bodyw Movement Therapies*, 7(1), 11-19. doi:10.1016/S1360-8592(02)00067-0.
- Schleip, R., Naylor, I.L., Ursu, D., Melzer, W., Zorn, A., Wilke, H.-J. et al. (2006). Passive muscle stiffness may be influenced by active contractility of intramuscular connective tissue. *Med Hypotheses*, 66(1), 66-71.

- Schleip, R., Klingler W. & Lehmann-Horn F. (2008). Faszien besitzen eine der glatten Muskulatur vergleichbare Kontraktionsfähigkeit und können so die muskuloskeletale Mechanik beeinflussen. *J Osteopathische Med*, 9(4), 19-21.
- Schomacher, J., (2008). Gütekriterien der visuellen Analogskala zur Schmerzbewertung. *Physioscience*, 4, 125-133.
- Segesser, B. (2014). Konservative Therapieverfahren bei Sportlern: Was können sie leisten. *Ärztliches Journal orthopädie/rheumatologie*, 4, 28.
- Segesser, B., Nigg, B.M. & Morell, F. (1980). Achillobdynamie und tibiale Insertionstendinosen. *Med Sport*, 29, 79-83.
- Shalabi, A., Kristoffersen-Wilberg, M., Svensson, L., Aspelin, P. & Movin, T. (2004). Eccentric training of the gastrocnemius-soleus complex in chronic Achillestendinopathy results in decreased tendon volume and intratendinous signal as evaluated by MRI. *Am J Sports Med* 32(5), 1286-1296.
- Sharma, P. & Maffulli, N. (2005). Current concepts review tendon injury and tendinopathy: Healing and repair. *J Bone Joint Surg Am*, 87(1), 187-202.
- Shivarathre, D.G., Howard, N., Krishna, S., Cowan, C. & Platt, S.R. (2014). Psychological factors and personality traits associated with patients in chronic foot and ankle pain. *Foot Ankle Int*, 35(11), 1103-1107. doi: 10.1177/1071100714550648.
- Silbernagel, K.G., Thomeé, R., Thomeé, P. & Karlsson, J. (2001). Eccentric overload training for patients with chronic Achilles tendon pain – a randomized controlled study with reliability testing of the evaluation methods. *Scand J Med Sci Sports*, 11(4), 197-206.
- Silbernagel, K., G., Thomeé, R. & Kaelsson, J. ((2005). Cross-cultural adaption of the VISA-A questionnaire, an index of clinical severity for patients with Achilles tendinopathy, with reliability, validity and structure evaluations. *BMC musculoskeletal disorders*, 6:12. Verfügbar unter: <http://www.biomedcentral.com> [Mai, 2014].
- Silbernagel, K.G., Gustavsson A., Thomeé B. & Karlsson, J. (2006). Evaluation of lower leg function in patients with Achilles tendinopathy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 14(11), 1207-17.
- Silbernagel, K.G., Thomeé, B., Eriksson, J. & Karlsson, J. (2007). Full symptomatic recovery does not ensure full recovery of muscle-tendon function in patients with Achilles tendinopathy. *Br J Sports Med*, 41(4), 276-280.
- Simmonds, N., Miller, P. & Gemmel, H. (2012). A theoretical framework for the role of fascia in manual therapy. *J Bodyw Mov Ther*, 16(1), 83-93. doi: 10.1016/j.jbmt.2010.08.001.
- Smidt, N., Assendelft, W.J., van der Wind, D.A., Hay, E.M., Buchbinder, R. & Bouter, L.M. (2002). Corticosteroid injections for lateral epicondylitis: a systematic review. *Pain*, 96(1-2), 23-40.

- So, V. & Pollard, H. (1997). Management of Achilles Tendon Disorder: a Case Review. *Australis Chiropr Osteopathy*, 6(2), 58-62.
- Sommer, H.-M. (1987). The biochemical and metabolic effect of running regimen on the Achillis tendon in the rat. *Int Orthop*, 11(1), 71-75.
- Song, X-J., Gan, Q., Cao, J-L., Wang, Z-B. & Rupert, R.L. (2006). Spinal Manipulation reduces pain and hyperalgesia after Lumbar Intervertebral Foramen Inflammation in the rat. *J Manipulative Physiol Ther*, 29(1), 5-13.
- Stanish, W.D., Rubinovich, R.M. & Curwin, S. (1986). Eccentric exercise in chronic tendinitis. *Clin Orthop Relat Res*, 208, 65-68.
- Stasinopoulos, D., Stasinopoulos, I., Pantils, M. & Stasinopoulou, K. (2010). Comparison of effects of a home exercise programme and a supervised exercise programme for the management of lateral elbow tendinopathy. *Br J Sports Med*, 44(8), 579-583. doi: 10.1136/bjism.2008.049759.
- Staubesand, J. & Li, Y. (1996). Zum Feinbau der Fascia Cruris mit besonderer Berücksichtigung epi- und intrafaszialer Nerven. *Man Med*, 34(5), 196-200.
- Stecco, A., Gesi, M., Stecco, C., Stern, R. (2013). Fascial Components of the Myofascial Pain Syndrome. *Curr Pain Headache Rep*, 17(8), 352-362. doi: 10.1007/s11916-013-0352-9.
- Stecco, C., Corradin, M., Macchi, V., Morra, A., Porzionato, A., Biz, C. et al., (2013). Plantar fascia anatomy and its relationship with Achilles tendon and paratendon. *J Anat*, 223(6), 665-676. doi: 10.1111/joa.12111.
- Steinbrück, K. (1999). Epidemiologie von Sportverletzungen- 25 Jahre Jahresanalyse einer orthopädisch- traumatologischen Ambulanz. *Sportverl Sportschad*, 13, 38-52.
- Stüber, J., Zech, S., Bay, R., Qazzaz, A. & Richter, M. (2010). Normative data of the visual analogue Scale Foot and Ankle (VAS FA) for pathological conditions. *Foot Ankle Surg*, 17(3), 166-172. doi: 10.1016/j.fas.2010.05.005.
- Tan, S.C. & Chan, O. (2008). Achilles and patellar tendinopathy: current understanding of pathophysiology and management. *Disabil Rehabil*, 30(20-22), 1608-1615. doi:10.1080/09638280701792268.
- Taube, W., Gruber, M., Beck, S., Faist, M., Gollhofer, A. & Schubert, M. (2007). Cortical and spinal adaptations induced by balance training: correlation between stance stability and corticospinal activation. *Acta Physiol* 189(4), 347-358.
- Taunton, J.E., Ryan, M.B., Clement, D.B., McKenzie, D.C., Lloyd-Smith, D.R. & Zumbo, B.D. A. (2003). A Prospective study of running injuries: the Vancouver Sun Run "In Training" clinics. *Br J Sports Med*, 37(3), 239-44.

- Tesarz, J., Hoheisel, U. & Mense, S. (2009). Die Fascia thoracolumbalis -Tierexperimentelle Daten zur Innervation. *Der Schmerz* 21(1), 57.
- Thermann, H., Hufner, T., Schratt, H.E., Held, C. & Tscherne, H. (1999). Subtalar fusion after conservative or operative treatment of intraarticular calcaneus fracture. *Unfallchirurg*, 102(1), 13-22.
- Threlkeld, A.J. (1992). The Effects of Manual Therapy on Connective Tissue. *Physic Ther*, 72(12), 893-902.
- Tipton, C.M., Vailas, A.C. & Matthes, R.D. (1986). Experimental studies on the influences of physical activity on ligaments, tendons and joints: a brief review. *Acta Med Scand Suppl*, 711, 157-168.
- Toft, E., Sinkjaer, T., Kalund, S. & Espersen, G.T. (1989). Biomechanical properties of the human ankle in relation to passive stretch. *J Biomech*, 22(11-12), 1129-1132.
- Tozzi, P., Bongiorno, D. & Vittorini, C. (2011). Fascial release effects on patients with non-specific cervical or lumbar pain. *J Bodyw Mov Ther* 15(4), 405-416. doi.org/10.1016/j.jbmt.2010.11.003.
- Travell, J. & Simons, D. (1992). *Myofascial pain and dysfunction. The trigger point manual. Vol. 2 The lower extremities*. Lippincott Williams & Wilkins: Baltimore.
- Triano, J. (2001). Biomechanics of spinal manipulation therapy. *Spine J*, 1(2), 121-30.
- Turrina, A., Martinez-González, M.A. & Stecco, C. (2013). The muscular force transmission system: role of the intramuscular connective tissue. *J Bodyw Mov Ther*, 17(1), 95-102. doi: 10.1016/j.jbmt.2012.06.001.
- Van Ginckel, A., Thus, Y., Hesar, N.G., Mahieu, N., De Clercq, D., Roosen, P. et al. (2009). Intrinsic gait-related risk factors for Achilles tendinopathy in novice runners: a prospective study. *Gait Posture*, 29(3), 387-391. doi: 10.1016/j.gaitpost.2008.10.058.
- Van der Wal, J. (2009). The architecture of the Connective Tissue in the Musculoskeletal System – An often overlooked Functional Parameter as to Proprioception in the Locomotor Apparatus. *Int J Ther Massage Bodywork*, 2(4), 9-23.
- Van der Wal, J.(2010). Faszien: Anatomie, Propriozeption, Mediation. *Deutsche Zeitschrift für Osteopathie* 1, 14-27.
- Vieira, E.L., Viera, E.A., da Silva, R.T., Berlfein, P.A., Abdalla, R.J. & Cohen M. (2007) An anatomic study of the iliotibial tract. *Arthroscopy* 23, 269-274.
- Vleeming, A., Pool-Goudzwaard, A.L., Stoeckart, R., van Wingerden, J.P. & Snijders, C. (1995). The posterior layer of the thoracolumbar fascia. It's function in load transfer from spine to legs. *Spine* 20(7), 753-758.
- Walser, R.F., Meserve, B.B. & Boucher, T.R. (2009). The effectiveness of thoracic spine manipulation for the management of musculoskeletal conditions: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *J Man Manip Ther.*, 17(4), 237-246.

- Wassinger, C.A., Rockett A., Pitman, L., Murphy, M.M. & Peters, C.(2013). Acute effects of rear-foot manipulation on dynamic standing balance in healthy individuals. *Man Ther*, 19(3), 242-245. doi: 10.1016/j.math.2013.11.001.
- Weist, R. & Rosenbaum, D. (2004). The influence of Muscle Fatigue on Electromyogram and Plantar Pressure Patterns as an Explanation for the Incidence of Metatarsal Stress Fractures. *Am J Sports Med*, 32(8), 1893-1898.
- Westing, S.H., Seger, J.Y., Karlson, E. & Ekblom, B. (1988). Eccentric and concentric torque-velocity characteristics of the quadriceps femoris in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 58(1-2), 100-104.
- Wilson, A.M. & Goodship, A.E. (1994). Exercise-induced hyperthermia as a possible mechanism for tendon degeneration. *J Biomech*, 27(7), 899-905.
- Wilson, J.D., Kernozek, T.W., Arndt, R.L., Reznichak, D.A. & Straker, S. J., (2011). Gluteal muscle activation during running in females with and without patellofemoral pain syndrome. *Clin Biomech*, 26(7), 735-40. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2011.02.012.
- Wirth, C.J. & Windhagen, H. (2000). Sport und Gesundheit. *Der Orthopäde*, 29(11), 929.
- Woodley, B.L., Newsham-West, R.J. & Baxter, G.D. (2007). Chronic tendinopathy: effectiveness of eccentric exercise. *Br J Sports Med*, 41(4), 188-198.
- Yahia, L.H., Pigeon, P. & DesRosiers, E.A. (1993). Viscoelastic properties of the human lumbodorsal fascia. *J Biomed Eng*, 15(5), 425-429.
- Yücesoy, C.A. & Huijing, P.A. (2007). Substantial effects of epimuscular myofascial force transmission on muscular mechanics have major implications on spastic muscle and remedial surgery. *J Electromyogr Kinesiol*, 17(6), 664-679.
- Zamora, A.J. & Marini J.F. (1988). Tendon and myotendinous junction in an overloaded skeletal muscle of the rat. *Anat Embryol*, 179(1), 89-96.
- Zantop, T., Tillmann, B. & Petersen, W. (2003). Quantitative assessment of blood vessels of the human Achilles tendon: an immunohistochemical cadaver study. *Arch Orthop Trauma Surg*, 123(9), 501-504.
- Zech, A., Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F. & Pfeifer, K. (2010). Balance Training for Neuromuscular Control and Performance Enhancement: A Systematic Review. *J Athletic Training*, 45(4), 392-403. doi: 10.4085/1062-6050-45.4.392.
- Zschabitz, A. (2005). Structure and behavior of tendons and ligaments. *Orthopade*, 34(6), 516-525.

9 Anhang

9.1 Abkürzungsverzeichnis

A.	.....	Arterie
Abb.	.....	Abbildung
ANOVA	.....	statistische Varianzanalyse
ant.	.....	anterior/ vorn
API	.....	average pain intensity
Art.	.....	Gelenk
Artt.	.....	Gelenke
BESS Test	.....	Balance Error Scoring System
BMI	.....	body mass index
C	.....	Grad Celsius
C	.....	Cervical
ca.	.....	circa
cm	.....	Centimeter
CT	.....	Computertomographie
CT	.....	kontrollierte Studie
evtl.	.....	eventuell
EMG	.....	Elektromyogramm
F.	.....	Faszie
GPE	.....	global perceived effect
H- Reflex	.....	Reflexamplitude am Nerven Hoffmann
HVLA	.....	high velocity low amplitude
HWS	.....	Halswirbelsäule
ICD-10	.....	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
IHK	.....	Industrie- und Handelskammer
Kg	.....	Kilogramm
L	.....	Lendenwirbelkörper

Anhang

Lat.	.....	lateral
Lig.	.....	Band
LWS	.....	Lendenwirbelsäule
kN	.....	kilo Newton
M.	.....	Musculus
Max.	.....	maximus
Med.	.....	medius
MEP	.....	motor- evoked- potentials
min.	.....	minus
mm	.....	Millimeter
MRT	.....	Magnetresonanztomographie
N.	.....	Nervus
n	.....	Anzahl
NE	.....	Neurotransmitters Norepinephrin
NPQ	.....	neck pain disability questionnaire
NPRS	.....	numeric pain rating scale
n.s.	.....	nicht signifikant
NSAP	.....	nicht steroidales Antiphlogistikum
Nr.	.....	Nummer
o.a.	.....	oben angegeben
Os.	.....	Knochen
OSG	.....	oberes Sprunggelenk
post.	.....	posterior
prox.	.....	proximal
PSFS	.....	patient specific functional status
p- Wert	.....	Statistischer Signifikanzwert
RCT	.....	randomisiert kontrollierte Studie
ROM	.....	range of motion
RMDQ	.....	Roland Morris disability questionnaire
SF-36	.....	Schmerzfragebogen

Anhang

SPSS	.....	Statisches Auswertungsprogramm
t1	.....	Messzeitpunkt eins
t2	.....	Messzeitpunkt zwei
3 HOP	.....	Drei Sprung Test
USG	.....	unteres Sprunggelenk
VAS	.....	Visuelle Analog Skala
VAS- FA	.....	Visual Analog Score Foot and Ankle
VISA-A	.....	Victorian Institute of Sports Assessment
Achilles questionnaire		
z.B.	.....	zum Beispiel

9.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick randomisiert kontrollierter Studien zum exzentrischen Training ..	14
Tabelle 2: Probandenübersicht und Baseline-Ergebnisse	40
Tabelle 3: Ergebnisse VAS in Punkten (minimal 0, maximal 10) der zwei Untersuchungszeitpunkte	42
Tabelle 4: p-Werte der Post-Hoc-Test Gruppenvergleiche VAS.....	42
Tabelle 5: VISA-A-Ergebnisse in Punkten (minimal 0, maximal 100) der zwei Untersuchungszeitpunkte	43
Tabelle 6: p-Werte der Post-Hoc-Test Gruppenvergleiche VISA-A	43
Tabelle 7: VAS-FA-Ergebnisse in Punkten (minimal 0, maximal 100) der zwei Untersuchungszeitpunkte	44
Tabelle 8: p-Werte der Post-Hoc-Test Gruppenvergleiche VAS-FA	44
Tabelle 9: BESS-Test-Ergebnisse Fehlersore der zwei Untersuchungszeitpunkte.....	45
Tabelle 10: p-Werte der Post-Hoc-Test Gruppenvergleiche BESS-Test.....	45
Tabelle 11: Bennell-Test-Ergebnisse (gemessen in cm) der zwei Untersuchungszeitpunkte	46
Tabelle 12: p-Werte der Post-Hoc-Test Gruppenvergleiche Bennell Test	46
Tabelle 13: Triple-Hop-Test-Ergebnisse (in cm) der zwei Untersuchungszeitpunkte...	47
Tabelle 14: p-Werte der Post-Hoc-Test Gruppenvergleiche Triple-Hop-Test	47

9.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Positionen des BESS-Tests	30
Abbildung 2: Messung Bennell-Test.....	31
Abbildung 3: Triple-Hop-Test	32

9.4 Patientenaufklärung

Praxis für Naturheilkunde und Osteopathie Katrin Brück

Praxis für Naturheilkunde und Osteopathie Katrin Brück

Postbrookstrasse 60

27574 Bremerhaven

Tel.: 0471/90 20 105

E-Mail: info@still-point-bremerhaven.de

Auswirkungen von exzentrischem Training und manuellen Techniken des Fußes und Beines auf die Symptomatik bei Patienten mit chronischen Achillessehnenbeschwerden.

Sehr geehrte/er Patient/in,

Sie haben sich erfreulicherweise bereit erklärt, an der oben genannten Studie teilzunehmen. Die unten aufgeführten Punkte sollen Ihnen helfen zu verstehen, warum und wie diese Studie durchgeführt wird.

1. Wissenschaftlicher Hintergrund

Immer mehr Menschen in Deutschland leiden unter chronischen Achillessehnenbeschwerden. Betroffen sind Sportler aber auch Nichtsportler. Ursachen für diese Schmerzen sind häufig Veränderungen des Binde- und Stützgewebes, der Gelenke, der Durchblutung der Sehne und der Muskulatur. Folge sind häufig Schmerzen, eingeschränkte Beweglichkeit des Fußes sowie starke muskuläre Verhärtungen der Wade und bindegewebige Veränderungen im Bereich der Achillessehne.

2. Ziel der Studie ist es daher:

Die Studie soll nachweisen, dass es effektivere und schnellere Behandlungsansätze gibt als die in Deutschland gängigen. Die manuelle Medizin behandelt die Ursachen der Beschwerden und nicht

nur die Symptome, wie es Medikamente, allgemeine physikalische Maßnahmen oder lokale Spritzen tun.

3. Studiendurchführung

Es werden insgesamt 99 Patienten mit chronischen Achillessehnenbeschwerden in Bremerhaven per Losverfahren zufällig in drei Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe wird jeweils achtmal mit manuellen Faszientechniken (direkte Wirkung auf Muskel und Bindegewebe) und HVLA-Techniken (Einrenktechniken) des Beines und Fußes behandelt. Hierbei führt der Behandler mit einem moderaten Druck langsame, zum Teil auch innehaltende, Gleitbewegungen auf der jeweiligen Faszie durch, bis sich das Fasziengewebe entspannt. Es handelt sich um eine Gleit- Drucktechnik, die der Therapie von Verspannungs- und Verklebungszonen im Muskel und Bindegewebe dient. Vor der Durchführung von Einrenktechniken an den Gelenken des Beines werden ein Befund und eine Aufklärung des Patienten durchgeführt. Die Techniken werden dann nach erteiltem Einverständnis des Probanden mit hoher Geschwindigkeit direkt auf das Gelenk ausgeführt um ein korrektes Gleiten der Gelenkpartner zueinander wieder herzustellen. Eine weitere Gruppe erhält ein spezielles, für die Achillessehne bereits als nützlich getestetes exzentrisches Muskeltrainingsprogramm für zu Hause, und eine weitere Gruppe erhält zunächst keine Behandlung. Die Beschwerden und Einschränkungen der Achillessehne und des Fußes werden über eine Schmerzerfassung auf einer Skala (VAS) und einen VISA-A Bogen jeweils vor der ersten Behandlung und nach der letzten Behandlung nach vier Wochen bei allen Probanden erfasst. Messung der Koordination erfolgt über den sogenannten Bess-Test (ein Test, der die Stabilität des Standes misst), der Dehnfähigkeit über den Test nach Bennell sowie Testung der Leistungsfähigkeit in Bezug auf das Sprungverhalten und Kraft mit dem triple-hop distance Tests. Es werden drei Sprünge mit dem betroffenen Bein durchgeführt und die Distanz gemessen. Die Schmerzmedikation, auch Spritzen mit Einnahmeintervall und Dosierung, Feststellung der genauen Beschwerdesymptomatik an der Achillessehne, Alter, Gewicht, Größe, hauptsächlich getragene Schuhe in Alltag und Sport, betriebene Sportart sowie der Trainingsumfang pro Woche werden dokumentiert. Auch diese Testungen und Dokumentationen erfolgen für alle Probanden der drei Gruppen. Sollte ein Proband/in einen Test aufgrund z.B. von Schmerzen nicht durchführen können, wird dieser Test ersatzlos aus dem Untersuchungsprogramm gestrichen.

Teilnehmer der Gruppe 2 (Training) und der Kontrollgruppe erhalten unmittelbar nach Abschluss der Untersuchung auf Wunsch ebenso vier kostenfreie manualtherapeutische/ fasziale Behandlungseinheiten, um auch ihnen die Möglichkeit zu geben, die Behandlungsform der Interventionsgruppe kennenzulernen.

Die Studienteilnehmer werden gewissenhaft durch Ein- und Ausschlusskriterien ausgewählt, so dass kein Risiko der Behandlung innerhalb der Studie besteht. Sollte sich beim Erstkontakt durch ein kurzes Anamnesegespräch sowie einen Befund des Beines herausstellen, dass der Teilnehmer aufgrund bestehender Beschwerden oder Vorerkrankungen doch nicht an der Studie teilnehmen sollte, wird er / sie davon in Kenntnis gesetzt und nicht zugelassen.

Um eine optimale Behandlung zu gewährleisten, wird empfohlen, am Tag einer Behandlung auf Körpercremes am betroffenen Bein zu verzichten. Um Hautreizungen vorzubeugen, empfehlen die Behandler starke Beinbehaarungen im Vorfeld zu entfernen.

Nach Abschluss der Studie werden die Daten der Praxen zur statistischen Auswertung und Nutzung auf einem Datenträger Studienleiter Professor Dr. Klaus- Michael Braumann und Professor Dr. Astrid Zech in pseudonymisierter Form übermittelt. Eine Weitergabe der erhobenen Daten im Rahmen der Studie erfolgt nur in anonymisierter Form. Gleiches gilt für die Veröffentlichung der Studienergebnisse.

4. Risiken und Nebenwirkungen

Nebenwirkungen der Behandlung können vermehrte Schmerzen oder Hautreizungen unter der Behandlung sein. In seltenen Fällen kann es auch zu einem Bruch eines Fuß- oder Beinknochens oder zu einem Teil- oder Abriss der Achillessehne kommen. Sehr sorgfältig im Vorfeld ausgewählte Ausschlusskriterien minimieren das Risiko von unerwünschten Nebenwirkungen annähernd vollständig.

5. Notfallnummer bei unerwünschten Ereignissen

Sollte es wider Erwarten im Rahmen der gesamten Studie zu Problemen kommen, sollten Sie sich unverzüglich und zu jeder Zeit unter folgender Nummer: 0471/90 20 105 melden.

6. Datenschutzerklärung (Datenschutzpassus)

Die im Rahmen der Studie nach Einverständniserklärung des Studienteilnehmers erhobenen persönlichen Daten, insbesondere Befunde, unterliegen der Schweigepflicht und den datenschutzgesetzlichen Bestimmungen.

Sie werden in Papierform und auf Datenträgern im Fachbereich Bewegungswissenschaft der Universität Hamburg aufgezeichnet und pseudonymisiert¹ (verschlüsselt) für die Dauer von 10

Jahren gespeichert. Bei der Pseudonymisierung (Verschlüsselung) werden der Name und andere Identifikationsmerkmale (z.B. Teile des Geburtsdatums) durch z.B. eine mehrstellige Buchstaben- oder Zahlenkombination, auch Code genannt, ersetzt, um die Identifizierung des Studienteilnehmers auszuschließen oder wesentlich zu erschweren.

Zugang zu dem „Schlüssel“, der eine persönliche Zuordnung der Daten des Studienteilnehmers ermöglicht, hat neben dem Studienleiter Professor Dr. Klaus- Michael Braumann nur noch seine Stellvertreterin Professor Dr. Astrid Zech.

Die Auswertung und Nutzung der Daten durch den Studienleiter und seine Mitarbeiter erfolgt in pseudonymisierter Form. Eine Weitergabe der erhobenen Daten im Rahmen der Studie erfolgt nur in anonymisierter Form. Gleiches gilt für die Veröffentlichung der Studienergebnisse.

Die Studienteilnehmer haben das Recht, über die von ihnen erhobenen personenbezogenen Daten Auskunft zu verlangen und über möglicherweise anfallende personenbezogene Ergebnisse der Studie ggf. informiert zu werden.

Diese Studie ist durch die zuständige Ethik-Kommission beraten worden. Der zuständigen Landesbehörde kann ggf. Einsichtnahme in die Studienunterlagen gewährt werden. Sobald der Forschungszweck es zulässt, wird der Schlüssel gelöscht und die erhobenen Daten damit anonymisiert².

Im Falle des Widerrufs der Einverständniserklärung werden die bereits erhobenen Daten ebenfalls gelöscht oder anonymisiert und in dieser Form weiter genutzt.

Ein Widerruf bereits anonymisierter Daten ist nicht möglich.

1 Pseudonymisieren ist das Ersetzen des Namens und anderer Identifikationsmerkmale durch ein Kennzeichen zu dem Zweck, die Identifizierung des Betroffenen auszuschließen oder wesentlich zu erschweren (§ 3 Abs. 6a Bundesdatenschutzgesetz).

2 Anonymisieren ist das Verändern personenbezogener Daten derart, dass die Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse nicht mehr oder nur mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand an Zeit, Kosten und Arbeitskraft einer bestimmten oder bestimmaren natürlichen Person zugeordnet werden können (§ 3 Abs. 6 Bundesdatenschutzgesetz)

Patienteneinverständniserklärung

Praxis für Naturheilkunde und Osteopathie Katrin Brück

Postbrookstrasse 60

27574 Bremerhaven

Tel.: 0471/90 20 105

E-Mail: info@still-point-bremerhaven.de

Patienteneinverständniserklärung zur Studie

Auswirkungen von exzentrischem Training und manuellen Techniken des Fußes und Beines auf Schmerzen bei Patienten mit chronischen Achillessehnenbeschwerden.

Name:

Vorname:

Geburtsdatum:

Ich, _____, wurde von meinem Osteopathen über Wesen, Bedeutung und Tragweite der oben genannten Studie aufgeklärt. Ich habe den Aufklärungstext gelesen und verstanden. Ich hatte die Möglichkeit, Fragen zu stellen, und habe die Antworten verstanden und akzeptiere sie. Mein Osteopath hat mich über die mit der Teilnahme an der Studie verbundenen Risiken und den möglichen Nutzen informiert.

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zur Teilnahme an dieser Studie zu entscheiden und weiß, dass die Teilnahme an dieser Studie freiwillig ist. Ich weiß, dass ich jederzeit und ohne Angaben von Gründen diese Zustimmung widerrufen kann, ohne dass sich dieser Entschluss nachteilig auf die spätere Behandlung durch meinen Osteopathen auswirken wird.

Mir ist bekannt, dass meine persönlichen Daten in pseudonymisierter Form gespeichert werden.

Mit meinem Einverständnis zur Teilnahme erkläre ich gleichzeitig, dass ich mit der im Rahmen dieser Studie erfolgenden Aufzeichnung von Krankheitsdaten einverstanden bin.

Im Falle meines Widerrufs der Einwilligung während der Studie sind die Daten zu löschen.

Anhang

Ich habe eine Kopie der Patienteninformationen und dieser Einwilligungserklärung erhalten. Ich erkläre hiermit meine freiwillige Teilnahme an dieser Studie.

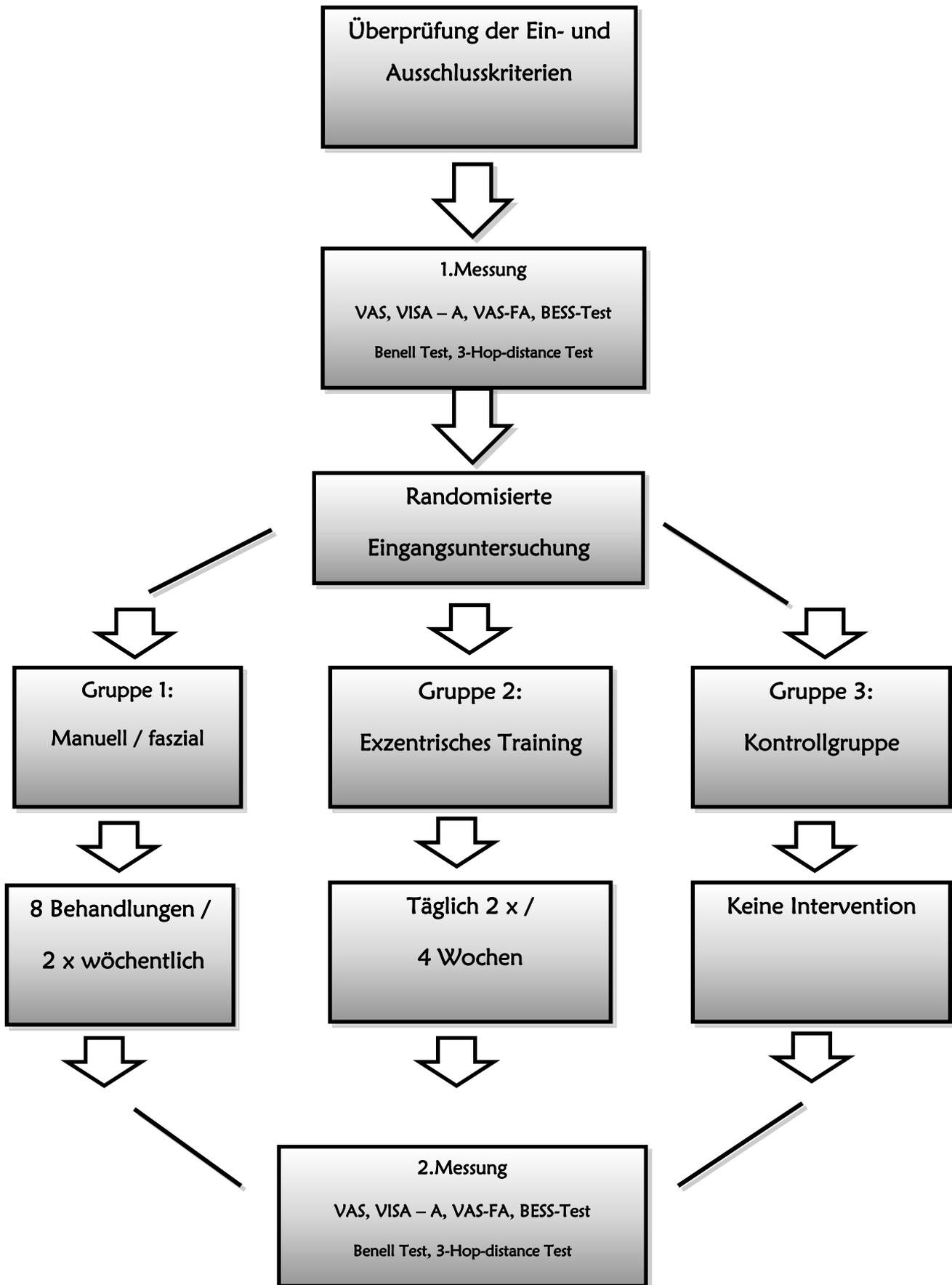
Ort und Datum

Unterschrift des Patienten

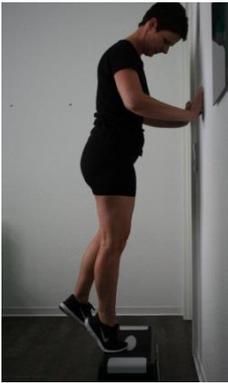
Ort und Datum

Unterschrift des aufklärenden
Osteopathen

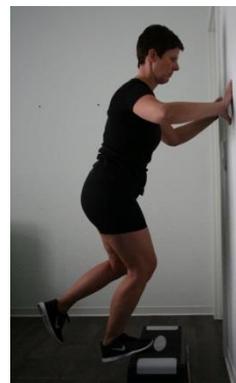
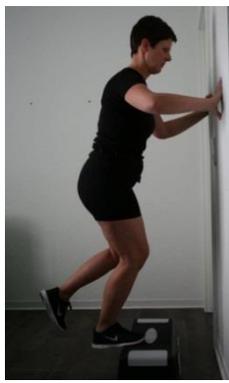
9.5 Flow Chart



9.6 Untersuchungen und Behandlungen im Rahmen der Studie



Exzentrisches Training mit gestrecktem Knie auf einer Stufe



Exzentrisches Training mit 30 Grad gebeugtem Knie auf einer Stufe



Befundung des Fußes (exemplarisch)



Befundung der Fibula
(exemplarisch)



Manipulation des
Iliosakralgelenks links (exemplarisch)



Manipulation der
Fibula links (exemplarisch)

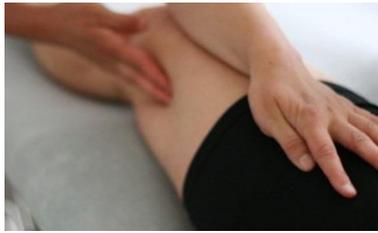


Manipulation des
Kniegelenks links (exemplarisch)

Anhang



Manipulation des Os Cuboideum links
(exemplarisch)



Faszienbehandlung des Tractus ili-
otibialis links (exemplarisch)



Faszienbehandlung der Fascia
cruris rechts (exemplarisch)



Faszienbehandlung der Membrana in-
terosseae links (exemplarisch)



Faszienbehandlung der Retina-
culum Mm. flexorum pars superfi-
cialis links (exemplarisch)



Faszienbehandlung der Plant-
arapeurose links (exempla-
risch)



Faszienbehandlung des Retinaculum
Mm. flexorum pars profunda links
(exemplarisch)

9.7 Musterprotokolle

PROTOKOLL	VISA-A-G FRAGEBOGEN: Proband Nr. _____																																								
<p>Bei diesem Fragebogen bezieht sich der Begriff „Schmerz“ speziell auf Schmerzen der Achillessehnenregion</p>																																									
<p>Bitte machen Sie ein Kreuz im entsprechenden Kästchen. Die Spalte TOTAL füllen Sie NICHT aus.</p>																																									
betroffenes Bein?	rechts	links																																							
<p>1. Für wie viele Minuten verspüren Sie nach dem ersten Aufstehen ein Steifigkeitsgefühl in der Achillessehnenregion?</p>																																									
<table style="margin: auto;"> <tr> <td style="border: none;">100 Min.</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; font-size: small;">100 min</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; font-size: small;">90 min</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; font-size: small;">80 min</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; font-size: small;">70 min</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; font-size: small;">60 min</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; font-size: small;">50 min</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; font-size: small;">40 min</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; font-size: small;">30 min</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; font-size: small;">20 min</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; font-size: small;">10 min</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; font-size: small;">0 min</td> <td style="border: none;">0 Min.</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td></td> </tr> </table>			100 Min.	100 min	90 min	80 min	70 min	60 min	50 min	40 min	30 min	20 min	10 min	0 min	0 Min.		<input type="checkbox"/>			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
100 Min.	100 min	90 min	80 min	70 min	60 min	50 min	40 min	30 min	20 min	10 min	0 min	0 Min.																													
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																														
<p>2. Nachdem Sie für den Tag aufgewärmt sind, haben Sie Schmerzen, wenn Sie die Achillessehne über der Kante einer Treppenstufe dehnen? (Knie gestreckt halten)</p>																																									
<table style="margin: auto;"> <tr> <td style="border: none;">Starker Schmerz</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="border: none;">Kein heftiger Schmerz</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td></td> </tr> </table>			Starker Schmerz	<input type="checkbox"/>	Kein heftiger Schmerz		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																								
Starker Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kein heftiger Schmerz																													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																														
<p>3. Nachdem Sie 30 Minuten auf ebenem Untergrund gegangen sind, haben Sie in den darauf folgenden 2 Stunden Schmerzen? (Wenn Sie wegen Schmerzen nicht auf ebenem Untergrund 30 Minuten gehen können, kreuzen Sie bei dieser Frage 0 an.)</p>																																									
<table style="margin: auto;"> <tr> <td style="border: none;">Starker Schmerz</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="border: none;">Kein heftiger Schmerz</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td></td> </tr> </table>			Starker Schmerz	<input type="checkbox"/>	Kein heftiger Schmerz		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																								
Starker Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kein heftiger Schmerz																													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																														
<p>4. Haben Sie Schmerzen, wenn Sie mit normaler Geschwindigkeit die Treppe heruntergehen ?</p>																																									
<table style="margin: auto;"> <tr> <td style="border: none;">Starker,heftiger Schmerz</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="border: none;">Kein Schmerz</td> </tr> </table>			Starker,heftiger Schmerz	<input type="checkbox"/>	Kein Schmerz																																				
Starker,heftiger Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kein Schmerz																													

<input type="checkbox"/>																																			
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10																																			
5. Haben Sie Schmerzen während oder unmittelbar nachdem Sie 10 (einbeinige) Zehenstände auf einer flachen Unterlage ausgeführt haben?																																			
Starker, Schmerz	<input type="checkbox"/>	Kein heftiger Schmerz																																	
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10																																			
6. Wie oft können Sie ohne Schmerzen auf einem Bein hüpfen?																																			
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">0 mal</td> <td style="padding: 2px 5px;">1 mal</td> <td style="padding: 2px 5px;">2 mal</td> <td style="padding: 2px 5px;">3 mal</td> <td style="padding: 2px 5px;">4 mal</td> <td style="padding: 2px 5px;">5 mal</td> <td style="padding: 2px 5px;">6 mal</td> <td style="padding: 2px 5px;">7 mal</td> <td style="padding: 2px 5px;">8 mal</td> <td style="padding: 2px 5px;">9 mal</td> <td style="padding: 2px 5px;">10 mal</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> </table>	0 mal	1 mal	2 mal	3 mal	4 mal	5 mal	6 mal	7 mal	8 mal	9 mal	10 mal	<input type="checkbox"/>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
0 mal	1 mal	2 mal	3 mal	4 mal	5 mal	6 mal	7 mal	8 mal	9 mal	10 mal																									
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																									
7. Üben Sie derzeit Sport oder andere körperliche Aktivitäten aus?																																			
<input type="checkbox"/> 0 - Nein, gar nicht; wegen der Achillessehnen-symptome <input type="checkbox"/> 4 - Verändertes Trainings- und Wettkampfverhalten verglichen mit dem Zustand vor Beginn der Symptome <input type="checkbox"/> 7 - Volle Trainings- und Wettkampfbelastung, aber nicht auf dem gleichen Niveau als vor Beginn der Symptome <input type="checkbox"/> 10 - Voll belastbar oder Trainings- und Wettkampfbelastung auf dem gleichen oder auf höherem Niveau als vor Beginn der Symptome																																			

Anhang

<p>8. Bitte beantworten Sie entweder 8a, 8b oder 8c dieser Frage</p> <p>Wenn Sie bei der Durchführung achillessehnenbelastender Sportarten keine Schmerzen empfinden, füllen Sie bitte nur Frage 8a aus.</p> <p>Wenn Sie bei der Durchführung achillessehnenbelastender Sportarten Schmerzen empfinden, die Sie aber nicht zum Belastungsabbruch der Aktivität zwingen, füllen Sie bitte nur Frage 8b aus.</p> <p>Wenn Sie bei der Durchführung achillessehnenbelastender Sportarten Schmerzen empfinden, die Sie zum Abbruch der Aktivität zwingen, füllen Sie bitte nur Frage 8c aus.</p>																		
	<p>8a. Wie lange können Sie trainieren/üben, wenn Sie bei der Durchführung achillessehnenbelastender Sportarten keine Schmerzen empfinden?</p>																	
	<table border="0"> <tr> <td>0</td> <td>1-10 Min.</td> <td>11-20 Min.</td> <td>21-30 Min.</td> <td>>30 Min.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>7</td> <td>14</td> <td>21</td> <td>30</td> </tr> </table>	0	1-10 Min.	11-20 Min.	21-30 Min.	>30 Min.	<input type="checkbox"/>	0	7	14	21	30						
0	1-10 Min.	11-20 Min.	21-30 Min.	>30 Min.														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														
0	7	14	21	30														
ODER	<p>8b. Wie lange können sie trainieren/üben, wenn Sie bei der Durchführung achillessehnenbelastender Sportarten Schmerzen empfinden, die Sie aber nicht zum Belastungsabbruch der Aktivität zwingen?</p>																	
	<table border="0"> <tr> <td>0</td> <td>1-10 Min.</td> <td>11-20 Min.</td> <td>21-30 Min.</td> <td>>30 Min.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>7</td> <td>14</td> <td>21</td> <td>30</td> </tr> </table>	0	1-10 Min.	11-20 Min.	21-30 Min.	>30 Min.	<input type="checkbox"/>	0	7	14	21	30						
0	1-10 Min.	11-20 Min.	21-30 Min.	>30 Min.														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														
0	7	14	21	30														
ODER	<p>8c. Wie lange können sie trainieren/üben, wenn Sie bei der Durchführung achilles-sehnenbelastender Sportarten Schmerzen empfinden, die Sie zum Abbruch der Aktivität zwingen?</p>																	
	<table border="0"> <tr> <td>0</td> <td>1-10 Min.</td> <td>11-20 Min.</td> <td>21-30 Min.</td> <td>>30 Min.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>7</td> <td>14</td> <td>21</td> <td>30</td> </tr> </table>	0	1-10 Min.	11-20 Min.	21-30 Min.	>30 Min.	<input type="checkbox"/>	0	7	14	21	30						
0	1-10 Min.	11-20 Min.	21-30 Min.	>30 Min.														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														
0	7	14	21	30														
		TOTAL %																
			AW EW															

Anhang

PROTOKOLL	VAS: Proband Nr. _____	
betroffenes Bein?	rechts	links
Frage:	Anfangswert in mm	Abschlusswert in mm
Wie stark veränderten Fußprobleme Ihr Gangbild?		
Wie oft haben Sie in körperlicher Ruhe Fußschmerzen?		
Wie stark sind in körperlicher Ruhe die Fußschmerzen?		
Wie oft haben Sie bei körperlicher Belastung Fußschmerzen?		
Wie stark sind bei körperlicher Belastung die Fußschmerzen?		
Haben Sie den Eindruck, dass ein Bein schwächer ist als das andere?		
Haben Sie Fußschwielen?		
Haben Sie ein Steifigkeitsgefühl im Bereich Sprunggelenk oder der Fuß?		
Wie stark schränken Fußprobleme das Treppensteigen ein?		
Wie stark schränken Fußprobleme Ihren Beruf ein?		
Wie stark schränken Fußprobleme das Autofahren ein (Kupplung, Gas, Bremse)?		
Wie lange können Sie ohne Fußprobleme stehen?		
Wie stark schränken Fußprobleme das Stehen auf einem Bein ein?		
Wie lange können Sie ohne Fußprobleme gehen?		
Wie stark schränken Fußprobleme das Laufen ein (z.B. Jogging, Waldlauf, etc.)?		
Wie stark schränken Fußprobleme Aktivitäten des tägl. Lebens ein (z.B. Anziehen, Essen, Waschen, etc.)?		
Wie stark schränken Fußprobleme das Reisen ein (z.B. Zugfahren, Busfahren, Fliegen etc.)?		
Haben Sie Probleme passende Schuhe zu finden?		
Wie stark schränken Fußprobleme das Gehen auf unebenem Gelände ein?		
Wie stark sind Gefühlsstörungen an Ihrem Fuß/Ihren Füßen?		
TOTAL		

Anhang

PROTOKOLL	ANAMNESE: Proband Nr. _____			
Geschlecht	Männlich		Weiblich	
Alter				
Größe in cm				
Gewicht in kg				
Einschlusskriterien	Erfüllt		Nicht erfüllt	
betroffenes Bein?	rechts		links	
Beschwerdebild :	Beginn seit:			
	Lokalisation:			
	Beschreibung:			
Diagnose ?				
Frühere Verletzung, Erkrankung oder OP - am betroffenen Bein ?				
- am ganzen Körper ?				
Medikation	Injektionen	Oral	Hautapplikation	Andere
	Art:			
Schuhwerk	Alltag			
	Sport			
Sportliche Aktivität	Art			
	Stunden pro Woche			
dominantes Bein?	rechts		links	
Testergebnisse	TEST:	Anfangswert	Abschlusswert	
	VAS			
	VISA-A			
	BESS-Test			
	Benell-Test	cm	cm	
	3 HOP-Test	cm	cm	

PROTOKOLL	BEFUND UND BEHANDLUNG: Proband Nr.____							
betroffenes Bein?	rechts				links			
Anatomische Struktur - eine Restriktion wird mit [X] dokumentiert - Gelenke in Restriktion werden manipuliert - Faszien werden alle behandelt	Intervention <u>Datum</u>							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Art. Lumbosacralis								
Symphysis Pubica								
Art. Sacrococcygea								
Art. Sacroiliaca dexter								
Art. Sacroiliaca sinister								
Art. Coxae dexter								
Art. Coxae sinister								
Art. Genus								
Art. Tibiofibularis prox.								
Syndesmosis Tibiofibularis dist.								
Art. Talocruralis								
Art. Subtalaris								
Art. Talocalcaneonavicularis								
Art. Calcaneocuboidea								
Art. Talonavicularis								
Funktionseinheit zw. Os Naviculare und Os Cuboideum								
Artt. Cuneonavicularis								
Art. Cuneocuboidea								
Artt. Intercuneiformes								
Artt. Tarsometatarsales								
Artt. Metatarsophalangeae								
Artt. Intermetatarsales								
Artt. Interphalangeae prox.								
Artt. Interphalangeae dist.								

Anhang

Fascia Iliaca								
Fascia Iliopsoica								
Fascia Gluteae								
Tractus Iliotibialis et Fascia lata								
Fascia poplitea								
Fascia cruris								
Membrana interossea cruris								
Fascia dorsalis pedis superficialis								
Fascia dorsalis pedis profunda								
Retinaculum Mm. extensorum								
Retinaculum Mm. flexorum superf.								
Retinaculum Mm. flexorum prof.								
Aponeurosis Plantaris								
Hülle Achillessehne								
Faszie M. soleus								

PROTOKOLL	EXZENTRISCHES TRAINING n. Alfredson - Proband Nr. _____						
betroffenes Bein?	rechts			links			
Bitte absolvieren Sie das Übungsprogramm während 28 Tagen zwei Mal täglich und dokumentieren nach jedem Training mit einem Haken am Kästchen für den entsprechenden Tag.							
Datum	MO	DI	MI	DO	FR	SA	SO
Beginn: _____							
Ende: _____							
<p>Anleitung Übungsprogramm: Machen Sie mit dem von Beschwerden betroffenen Bein folgende Übungen:</p> <p>a) <u>mit gestrecktem Knie</u> 3 mal 15 Wiederholungen b) <u>mit leicht gebeugtem Knie</u> 3 mal 15 Wiederholungen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stellen Sie sich mit beiden vorderen Fußballen auf die Kante einer Treppenstufe. 2. Drücken Sie sich mit beiden Füßen in den Zehenstand. 3. Heben Sie das gesunde Bein von der Stufe ab. Nun stehen Sie auf dem Fußballen des betroffenen Beines auf der Kante. 4. Lassen Sie die Ferse des aufgestellten Fußes absinken in eine maximale Dehnung. Der Weg des Absenkens soll 3 Sekunden dauern. 5. Stellen Sie den abgehobenen Fuß wieder mit dem Fußballen auf die Kante. 6. Verlagern Sie das Gewicht, heben Sie den betroffenen Fuß ab und drücken sich mit dem gesunden wieder in den Zehenstand. 7. Setzen Sie den betroffenen Fuß wieder mit dem Zehenballen auf die Kante und beginnen wieder bei Punkt 3. <p>Nach jeweils 15 Wiederholungen machen Sie eine Minute Pause.</p>							

Anhang

Gehen Sie von einem leichten bis mittlerem Dehnungsschmerz aus. Dieser ist nicht nur möglich, sondern zeigt den gewünschten Effekt an. Die Schmerzzunahme sollte bis spätestens am nächsten Tag abgeklungen sein und nicht von Tag zu Tag zunehmen.

Haben Sie stärkere Beschwerden, brechen Sie die Übung ab und kontaktieren Sie uns unter der Rufnummer 0471- 90 20 105

Anhang

PROTOKOLL	BESS-TEST Scorecard: Proband Nr. _____							
betroffenes Bein?	rechts				links			
TEST:	Anfangswert Fehler				Abschlusswert Fehler			
	Fußboden		Airex Balance Pad		Fußboden		Airex Balance Pad	
	Versuch1	Versuch2	Versuch1	Versuch2	Versuch1	Versuch2	Versuch1	Versuch2
Beidbeinstand								
Einbeinstand								
Tandemstand								
Summe								
BESS-total score	Versuch1	Versuch2	Versuch1	Versuch2	Versuch1	Versuch2	Versuch1	Versuch2

PROTOKOLL	BENELL-TEST Scorecard: Proband Nr. _____			
betroffenes Bein?	rechts		links	
TEST:	Anfangswert in cm		Abschlusswert in cm	
Abstand Wand zu (entweder oder)	Knie	Großzeh	Knie	Großzeh

PROTOKOLL	3HOP-TEST: Proband Nr. _____	
betroffenes Bein?	Rechts	links
TEST:	Anfangswert in cm	Abschlusswert in cm
Gesamt Strecke der 3 Sprünge		

9.8 Danksagung

In erster Linie gilt mein Dank meinen Betreuern, Frau Professor Dr. Astrid Zech und Herrn Dr. Tobias Schmidt. Durch sie wurden die Ideen Wirklichkeit. Ausdrücklich danken möchte ich auch der Uni Hamburg, allen voran Herrn Professor Dr. Klaus- Michael Braumann und Herrn Professor Dr. Rüdiger Reer, durch die diese Arbeit überhaupt erst möglich wurde.

Darüber hinaus danke ich für eine wirklich schöne, unvergessliche und inspirierende gemeinsame Zeit mit unserem Forschungsprojekt allen Probanden und Unterstützern.

Des Weiteren danke ich meinem Bruder Martin, Conny und Nadine für die Unterstützung im Zuge dieser Arbeit. Von Herzen danke ich auch meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, Veith, Thorge und Haucke und meinen Freunden, die seit Jahren meine Ideen und Ziele auf vielfältige Art und Weise unterstützen.

Abschließend möchte ich mich bei Sugar bedanken, die mich stets in unersetzlicher Weise begleitet und immer in meinem Herzen ist.