



Bachelorthesis zur Erlangung des FH-Diploms als Bachelor of science HES-SO in Physiotherapie
HES-SO Valais Wallis Bereich Gesundheit & Soziale Arbeit

**Effekt von exzentrischem Krafttraining bei chronischen
Tendinopathien im Vergleich zu anderen Therapieformen:
Eine systematische Literaturübersicht**

Erarbeitet von : In-Albon Desirée und Rieder Manuela

Studiengang : Physiotherapie

Unter Betreuung von : Hilfiker Roger

Danksagung

Im Rahmen unserer Diplomarbeit möchten wir uns ganz herzlich bei folgenden Personen bedanken:

- Roger Hilfiker, für die wertvolle Betreuung bei der Realisierung unserer systematischen Literaturübersicht
- Dr. med. Jean-Luc Ziltener, für das Bereitstellen themenbezogener Studien
- Carmen Speck, für das Korrekturlesen und die methodologischen, sowie inhaltlichen Ratschläge
- Bernadette Ritler, für das Korrekturlesen und die nützlichen Tipps
- Ruben Rieder, für die grammatikalische Verbesserung unserer systematischen Literaturübersicht
- Sylvie Ponnaz, für die Hilfestellung bei Fragen bezüglich der Software

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNG	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	IV
ABSTRACT	V
ABSTRACT	VI
1. EINLEITUNG	1
1.1 PROBLEMSTELLUNG	2
1.2 RELEVANZ	2
1.3 ZIEL DER STUDIE	3
1.4 HYPOTHESE	3
2. THEORIE	4
2.1 PHYSIOLOGIE DER SEHNE	4
2.2 VERLETZUNGSMECHANISMUS	4
2.3 HEILUNGSPROZESS	5
2.4 CHRONISCHE TENDINOPATHIE	5
2.5 TERMINOLOGIE	7
2.6 KRAFT	7
2.7 KONTRAKTIONSFORMEN	8
2.8 WIRKUNGSMECHANISMUS DES EXZENTRISCHEN TRAININGS	8
2.9 DEFINITION DER OUTCOMES	11
2.9.1 FUNKTION	11
2.9.2 SCHMERZ	13
2.9.3 KRAFT	14
3. METHODEN	14
3.1 EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN	14
3.2 FRAGESTELLUNG	14
3.3 SUCHSTRATEGIE	15
3.4 AUSSCHLUSSVERFAHREN	16
3.5 QUALITÄTSASSESSMENTS	18
3.6 DATENERFASSUNG	18
3.7 DATENANALYSE	18
4. RESULTATE DER STUDIENSUCHE	20
4.1 VERGLEICH EXZENTRISCHES TRAINING VERSUS STRETCHING	24
4.2 VERGLEICH EXZENTRISCHES TRAINING VERSUS CHIRURGISCHER EINGRIFF	27
4.3 VERGLEICH EXZENTRISCHES TRAINING VERSUS AIR HEEL BRACE	28
4.4 VERGLEICH EXZENTRISCHES TRAINING PLUS VOLLEYBALLTRAINING VERSUS VOLLEYBALLTRAINING	29
4.5 VERGLEICH EXZENTRISCHES TRAINING VERSUS KONZENTRISCHES TRAINING	30

4.6 VERGLEICH EXZENTRISCHES TRAINING VERSUS ULTRASCHALL	32
4.7 VERGLEICH EXZENTRISCHES TRAINING VERSUS ULTRASCHALL VERSUS DEEP TRANSVERS FRICTION	33
4.8 VERGLEICH EXZENTRISCHES TRAINING VERSUS ULTRASCHALL PLUS DEEP FRICTION MASSAGE	34
4.9 VERGLEICH EXZENTRISCHES TRAINING VERSUS KRYOTHERAPIE	35
4.10 VERGLEICH EXZENTRISCHES TRAINING VERSUS STOSSWELLENTHERAPIE.....	36
5. DISKUSSION	39
5.1 STÄRKEN DIESER SYSTEMATISCHEN LITERATURÜBERSICHT.....	41
5.2 SCHWÄCHEN DIESER SYSTEMATISCHEN LITERATURÜBERSICHT	42
5.3 VERGLEICH MIT DER LITERATUR.....	43
5.4 ANREGUNG FÜR DIE FORSCHUNG	46
5.5 RELEVANZ FÜR DIE PRAKTIKEN.....	46
6. SCHLUSSFOLGERUNG	47
9. BIBLIOGRAFIE	48
10. ANHANG	VII
AUSGESCHLOSSENE STUDIEN.....	VII
LAUFENDE STUDIEN.....	VII
REFERENZEN ZU DEN STUDIEN	VIII
MESSINSTRUMENTE DER STUDIEN	IX

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Studienausschluss.....	17
Abb. 2: Forest plot of comparison: 2 Eccentric vs. Stretching, outcome: 2.1 Pain	24
Abb. 3: Forest plot of comparison: 2 Eccentric vs. Stretching, outcome: 2.2 Strength.....	24
Abb. 4: Forest plot of comparison: 1 Concentric vs. Eccentric, outcome: 1.1 Pain	31
Abb. 5: Forest plot of comparison: 4 Eccentric vs. Cryotherapy, outcome: 4.1 Pain.....	36
Abb. 6: Forest plot of comparison: 3 Eccentric vs. Shock Wave, outcome: 3.3 Pain (NRS)	37
Abb. 7: Forest plot of comparison: 3 Eccentric vs. Shock Wave, outcome: 3.1 Pain threshold	37
Abb. 8: Forest plot of comparison: 3 Eccentric vs. Shock Wave, outcome: 3.2 Function (VISA-A)	38
Abb. 9: Forest plot of comparison: 3 Eccentric vs. Shock Wave, outcome: 3.4 Function (Likert scale)...	38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Interventionen der eingeschlossenen Studien.....	20
Tabelle 2: Daten der Studien.....	21
Tabelle 3: Übersicht der PEDro Skala	23

Abstract

Ziel: Den Effekt von exzentrischem Training zu überprüfen und zusammenzufassen.

Studiendesign: Systematische Literaturübersicht

Methode: Die Datenbanken PubMed, PEDro, Cinahl und Cochrane Library wurden vom 10. Juli 2008 bis 17. Februar 2009 nach passenden Studien durchsucht, welche anschliessend nach unseren Kriterien ein- oder ausgeschlossen wurden. Für eine spätere Sensitivitätsanalyse wurde eine Bewertung mittels PEDro-Skala durchgeführt. Alle ausgewählten Studien wurden auf ihre methodologische Qualität geprüft und die Daten extrahiert. Die homogenen Daten wurden gepoolt und mittels Forest plot dargestellt. Die heterogenen Daten wurden qualitativ beschrieben.

Main outcome measures: Schmerzintensität, Kraft, Funktion und Funktionsfähigkeit

Resultate: Es wurden 15 Studien mit insgesamt 633 Patienten eingeschlossen.

Bei 6 Studien war die exzentrische Gruppe in mindestens einem Outcome signifikant besser als die Kontrollgruppe. Zur Schmerzreduktion ist das exzentrische Training wirksamer im Vergleich zur konzentrischen Belastung. Es zeigt jedoch keinen relevanten Unterschied in Bezug auf die Funktion/Funktionsfähigkeit und die Kraft. Im Vergleich zur Dehnung ist das exzentrische Training wirksamer in Bezug auf die Kraft, jedoch nicht beim Schmerz und Funktion/Funktionsfähigkeit. Bei den anderen Therapiemethoden (Ultraschall, Querfraktionen, Arthroskopie, Kryotherapie, Stosswellen, Schiene, andere physische Trainings) können keine definitiven Aussagen gemacht werden, da die Resultate der Studien nicht einheitlich oder zu wenige Studien mit denselben Interventionen vorhanden sind.

Schlussfolgerung: Bei der Therapie von chronischen Tendinopathien zeigte die exzentrische Belastung immer einen positiven Effekt in Bezug auf Schmerz, Kraft und Funktion/Funktionsfähigkeit. Es gab jedoch selten einen signifikanten Unterschied im Vergleich zu anderen Therapieformen. Die beste Wirkung zeigt sich bei der Schmerzreduktion, hier gibt es statistisch signifikante Unterschiede zu anderen Therapieformen.

Schlüsselwörter: exzentrisch, Tendinopathie, chronisch

Abstract

But: Vérifier et résumer l'effet de l'entraînement excentrique.

Design de l'étude: revue systématique de la littérature.

Méthodes: Une recherche a été effectuée dans les bases de données PubMed, PEDro, Cinahl et Cochrane Library du 10 juillet 2008 jusqu'au 17 février 2009. Ces études ont été incluses ou exclues selon nos critères. L'évaluation par l'échelle de PEDro a servi de base pour une analyse sensitive. La qualité méthodologique de toutes les études incluses a été vérifiée et leur données ont été extraites. Les données homogènes ont été poolées et présentées à l'aide d'un forest plot. Les données hétérogènes ont été décrites qualitativement.

Résultats principaux: intensité de la douleur, force et fonction/capacité fonctionnelle.

Résultats: 15 études avec un total de 633 patients ont été incluses. Dans 6 études, le groupe excentrique était significativement meilleur que le groupe contrôle pour au moins un outcome. Comparé avec la charge concentrique, l'entraînement excentrique est plus efficace pour réduire la douleur. Il n'y a pourtant pas de différence pertinente pour ce qui est de la fonction/capacité fonctionnelle et de la force. L'entraînement excentrique est plus efficace que l'étirement en ce qui concerne le gain de force, mais pas pour la réduction de la douleur et l'amélioration de la fonction/capacité fonctionnelle.

Conclusion: La charge excentrique montre toujours un effet positif sur les tendinopathies chroniques par rapport à la douleur, la force et la fonction/capacité fonctionnelle. Le meilleur effet est observé sur la réduction de la douleur. Dans ce cas on peut voir des différences statistiquement significatives par rapport aux autres thérapies.

Mots clés: excentrique, tendinopathie, chronic

1. Einleitung

Die Behandlung von lang anhaltenden Tendinopathien (Veränderungen der Sehnen infolge von Mikrotraumen, Alterungsprozessen, Immobilisation, mangelnder Belastung und Überbelastung [30]) ist oft frustrierend. Die Behandlungserfolge sind in vielen Fällen nicht zufriedenstellend. Die Pathophysiologie der lang anhaltenden Tendinopathien wird heute noch nicht klar verstanden. Neuere Studien weisen darauf hin, dass ein entzündlicher Prozess bei chronischen Tendinopathien nicht ausgeschlossen werden kann [19].

Es wird eine Vielzahl von Behandlungen vorgeschlagen: Stosswellentherapie, Wärmetherapie, Kryotherapie, Taping, Laser, Elektrotherapie, Ultraschall, Massage, Querfraktionen, passive Mobilisation, Dehnungen, Krafttraining, sensomotorisches Training und Medikamente. Zum jetzigen Zeitpunkt bestehen wenige evidenzbasierte Studien, die den Effekt dieser Therapieformen bestätigen können oder eine Langzeitwirkung aufweisen [8].

Experten haben beobachtet, dass die Verletzungsgefahr vor allem bei der exzentrischen Belastung auftritt [20]. Die exzentrischen Belastungen stellen höhere Anforderungen an die Sehne als konzentrische. Deshalb sollte eine ursächliche Behandlung des Problems die Belastbarkeit der Sehne erhöhen [74].

Eine in Lehrbüchern oft empfohlene Therapie, ist die Therapie mit einer exzentrischen Belastung nach Stanish et al. [74]. Nach ihrem Protokoll, welches sich im Kraftausdauerbereich abspielt, werden 3 Serien zu 10 Wiederholungen durchgeführt, wobei der Schmerz erst bei der letzten Serie eintreten soll. Die Geschwindigkeit und der Widerstand der Bewegung können gesteigert werden. Die exzentrische Belastung wird hier als Therapieform anstatt als Krafttraining angewandt. Alfredson et al. entwickelten anhand des Modells von Stanish et al. ein modifiziertes Protokoll, welches in den neueren Studien als Vorlage dient. Im Gegensatz zu Stanish et al. schlagen Alfredson et al. 3 Serien zu 15 Wiederholungen vor, wobei nur der Widerstand und nicht die Geschwindigkeit gesteigert werden [59].

Da dieser Themenbereich kontrovers diskutiert wird, möchten wir eine systematische Literaturübersicht über die Wirkung exzentrischer Behandlungsprogramme gegenüber anderen Therapieformen bei lang anhaltenden Tendinopathien durchführen.

1.1 Problemstellung

Verletzungen und andere Erkrankungen von Sehnen sind eine wesentliche Ursache eingeschränkter Beweglichkeit im Spitzen- und Breitensport. In vielen Situationen, besonders bei Ausdauer- und Kraftsportarten, ist der Sehnenüberlastungsschaden mit Abstand die häufigste Ursache für Ausfälle während des Trainings oder des Wettkampfes [32]. Mittlerweile sind nicht nur Sportler eine Risikogruppe für Tendinopathien, sondern jedermann. Bei körperlich wenig aktiven Menschen wurde der „sitzende Lebensstil“ als einer der wesentlichen Faktoren einer schlechten Zirkulation in und um die Sehnen angenommen. Dieser Lebensstil führt zu einer Unterbelastung der Sehne, wodurch ihre Zugbeanspruchung verringert wird. Dies führt zu einer geringeren Belastbarkeit der Sehne [32].

Schweiz weit waren im Jahre 2003 circa 30% aller Arztkonsultationen auf Beschwerden im muskuloskeletalen Bereich zurückzuführen. Erkrankungen des Bewegungsapparates waren für den höchsten Anteil an Frühinvalidisierung verantwortlich. Ein grosses Problem stellen die chronischen Schmerzen dar, welche bekanntlich schwierig zu behandeln sind. Mit steigendem Alter besteht ein grösseres Risiko an chronischen Schmerzen zu leiden. Wegen der stetigen Zunahme der älteren Bevölkerung in unserer Gesellschaft, muss sich die Politik mit dieser Problematik befassen, damit auch Kosten eingespart werden können [68].

1.2 Relevanz

Tendinopathien sind physiotherapeutisch schwierig zu behandelnde Krankheitsbilder. Diese wurden bisher auf empirischer Basis behandelt. Die heutige Situation lässt dies nicht mehr zu. Der Physiotherapeut muss sich in der Arbeitswelt immer mehr behaupten und gegenüber den Ärzten und Versicherungen belegen, dass seine Therapien einen nachweisbaren Erfolg aufzeigen.

Man weiss bereits, dass pathologische Sehnen im Bereich des Schmerzpunktes eine Verdickung und einen pathologisch gesteigerten Blutfluss aufweisen [37]. Verschiedene Artikel haben den Effekt von exzentrischem Training bei Tendinopathien im Bezug auf die Mikrozirkulation der Sehne untersucht. Diese stellten fest, dass nach 12-wöchigem exzentrischem Training der pathologisch gesteigerte Blutfluss signifikant verringert

wurde und die Schmerzintensität abnahm [35, 37]. Woodley et al. [88] und Kingma et al. [33] fanden in ihrer systematischen Literaturübersicht keine definitiven Antworten auf die Frage, ob exzentrisches Training bei chronischen Tendinopathien der Achillessehne einen positiven Effekt auf Schmerzen und Funktion hat. Woodley et al. fanden keine hochqualitativen Studien mit klinisch signifikanten Resultaten. Somit konnten keine aussagekräftigen Schlüsse gezogen werden. Die Heterogenität der Studien stellte ein weiteres Problem dar. Auch wenn oft ein positiver Effekt bei exzentrischem Training beobachtet wurde, ist bis heute unklar wie sich die exzentrische Belastung auf die Tendinopathien auswirkt. Ausserdem ist die optimale Dosierung (Wiederholungsanzahl, Bewegungsgeschwindigkeit, Intensität und Dauer) noch unklar [58, 88] und der Wirkungsmechanismus des exzentrischen Trainings umstritten. Da Tendinopathie ein häufiges Krankheitsbild ist und die bisherigen Studien eine niedrige Qualität aufweisen, lohnt es sich in diesem Themenbereich weiter zu forschen, um konkrete Schlüsse zu ziehen. Seit 2006 wurden viele qualitativ bessere Studien durchgeführt. Trotzdem wurde bisher noch keine systematische Literaturübersicht mit unseren Ein- und Ausschlusskriterien verfasst. In unserer Ausbildung wurde uns beigebracht, dass exzentrisches Training als eine der vielversprechendsten Therapieformen für chronische Tendinopathien gilt. Dies hat unser Interesse geweckt, eine systematische Literaturübersicht über den Effekt von exzentrischem Krafttraining bei chronischen Tendinopathien durchzuführen.

1.3 Ziel der Studie

Das Hauptziel unserer systematischen Literaturübersicht ist es, den Effekt von exzentrischem Training bei chronischen Tendinopathien zu überprüfen, zusammenzufassen und anderen Therapiemöglichkeiten gegenüberzustellen.

1.4 Hypothese

Laut unserer Hypothese, hat exzentrisches Training den besten Effekt auf Schmerzintensität, Kraft und Funktion/Funktionsfähigkeit bei chronischen Tendinopathien.

2. Theorie

2.1 Physiologie der Sehne

Die grundsätzliche physikalische Eigenschaft von Sehnen besteht in ihrer hohen Zugbeanspruchung, einer beträchtlichen Straffheit und einer hohen Anpassungsfähigkeit. Im Ruhezustand sind die Kollagenfasern bzw. –fibrillen einer Sehne wellig, spiralförmig und parallel angeordnet. Das Aufheben der Wellenform geschieht ab 2% Dehnung der Sehne. Bleibt die Dehnung kleiner als 4%, geht die Sehne dank ihrer elastischen Eigenschaft in ihre ursprüngliche Form zurück [83]. Der komplexe Aufbau der Sehne schützt sie vor dem Dehnungsstress während der Muskelkontraktion. Die Blutzufuhr der Sehne wird über das intrinsische und extrinsische System gewährleistet. Beim intrinsischen System wird das Blut über den myotendinösen und osteotendinösen Übergang zur Sehne transportiert, bei der extrinsischen über das Paratenon und die Synovialhülle [70].

Die Sehneninnervation entsteht durch die Nervenstämmе der Haut, des Muskels und des Peritenons. Die meisten Nervenfasern dringen nicht bis in den Sehnenkörper ein, sondern sind an der Oberfläche als Nervenendigungen lokalisiert. Diese Nervenendigungen, auch als Golgi-Sehnenorgane bekannt, sind spezielle Mechanorezeptoren, welche Druck- und Spannungsänderungen wahrnehmen[70].

2.2 Verletzungsmechanismus

Sehnenprobleme haben eine multifaktorielle Herkunft bei der eine Interaktion von intrinsischen und extrinsischen Faktoren besteht. So stellt zum Beispiel eine Fehlstellung in Hyperpronation des Fusses (intrinsischer Faktor) ein erhöhtes Risiko für Achilles tendinopathie dar. Falls eine übermässige Belastung durch starke physische Aktivität hinzukommt (extrinsischer Faktor), bildet dies den Hauptstimulus für eine Degeneration der Sehne. Sehnen reagieren auf repetitive Belastungen, welche ausserhalb ihres physiologischen Belastungsbereichs sind, mit einer Entzündung der Sehnenscheide oder mit einer Degeneration des Sehnenkörpers [70]. So kann wiederholte körperliche Aktivität, die in ihrer Natur oft exzentrisch ist, wie wiederholtes Landen nach einem Sprung, zu einem kumulativen Mikrotrauma führen. Auch eine Schwäche oder Ermüdung des Muskels führen zu einer Abnahme der Energie-Absorptions-Kapazität der gesamten Muskel-Sehnen-Einheit mit dem Effekt, dass die

protektive Wirkung des Muskels gegen eine Zugbeanspruchung der Sehne verringert wird [32].

2.3 Heilungsprozess

Chronische Tendinopathien entstehen aufgrund degenerativen Bedingungen oder fehlgeschlagenen Heilungsprozessen [59]. Der Heilungsprozess der Sehne verläuft in 3 Phasen: die Entzündungs-, Proliferations- und die Umbauphase. Die Heilung kann intrinsisch oder extrinsisch ablaufen. Bei der intrinsischen Heilung stammen die Tenozyten aus dem Epi- und Endotenon, während bei der extrinsischen Heilung die Tenozyten aus den umgebenen Hüllen und von der Synovia kommen [70].

2.4 Chronische Tendinopathie

Die Pathologie der Tendinopathie wird immer noch schlecht verstanden. Tendinopathie ist ein Überbegriff, welcher verschiedene Sehnenerkrankungen zusammenfasst [65, 86]. In unsere Arbeit schliessen wir folgende Pathologien ein: Sehnenscheidenentzündung, Sehnenansatzschmerzen, Kalzifizieren der Sehne, Achillodynie, Aponeurosis.

Chronische Tendinopathien sind degenerative Veränderungen der Sehnen, die infolge von Traumen, Alterungsprozessen, Immobilisation, mangelnder Belastung und Überbelastung auftreten können [30]. Studien zeigen, dass bei Tendinopathien keine oder nur eine minimale Entzündung vorhanden ist. Diese Erkenntnis wurde durch die Tatsache bekräftigt, dass die herkömmlichen Therapien zur Behandlung von Entzündungen nur limitierten Erfolg bei chronischen Tendinopathien gezeigt haben [3, 7, 9]. Im schmerzhaften Sehnenkörper gibt es eine pathologische Gefässneubildung [1, 9, 54]. Diese findet innerhalb und ausserhalb des strukturell veränderten Gebietes der Sehne statt. Bei gesunden Menschen sind die Sauerstoffsättigung des Gewebes, der postkapillare Venendruck und der mikrozirkuläre Blutfluss in der Tiefe der Sehne signifikant höher als an der Oberfläche. Bei chronischer Achillestendinopathie ist der mikrozirkuläre Blutfluss am Schmerzpunkt sowohl bei Insertionstendinopathien wie auch bei Tendinopathien des Sehnenkörpers erhöht. Es gibt jedoch keinen Unterschied zwischen der oberflächlichen und der tiefen Sauerstoffsättigung in pathologischen Sehnen. Der postkapillare Venendruck ist bei Insertionstendinopathien und Tendinopathien des Sehnenkörpers erhöht [37]. Zudem enthalten betroffene Sehnen

nicht signifikant mehr Prostaglandin E2 (Indikator für Entzündung) als gesunde Sehnen [1].

In betroffenen Achillessehnen gibt es eine Veränderung der Sehnenstruktur und der Kollagenanordnung, sowie eine Erhöhung der Nichtkollagenen-Matrix [9]. Zudem enthalten betroffene Sehnen signifikant mehr Glutamat als gesunde Sehnen. Der Neurotransmitter Glutamat ist ein starker und sehr wichtiger Schmerzregulierer im zentralen Nervensystem [1]. Eine Verminderung von Matrix-Metalloproteinase-3 und eine Erhöhung von Kollagen Typ 1 und 3, MMP-2 (Enzym, dass in degenerativen Prozessen vorkommt), Fibronectin Rezeptoren (involviert im Wundheilungsprozess) und Vascular Endothelial Growth Factor (verantwortlich für die Bildung der Gefäßwand) sind in der Sehne von Patienten mit chronischer Achillestendinopathie gefunden worden [1].

In betroffenen Sehnen ist die Laktatkonzentration signifikant höher als in gesunden Sehnen. Der Grund ist bis anhin nicht geklärt. Es gibt verschiedene Hypothesen. In der schmerzhaften Sehne könnte es anaerobe Konditionen geben. Ob die Ischämie den Beginn der Tendinopathie einleitet, oder ob die Veränderung der betroffenen Sehne selber die Ischämie hervorruft, ist noch unklar. Eine andere Erklärung wäre, dass die hohe Laktatkonzentration erhöhte Stoffwechselaktivität in der betroffenen Sehne widerspiegelt [1, 2].

Was ist für den Schmerz verantwortlich?

Bei einer Studie wurde ein lokales Anästhetikum in die pathologisch neu gebildeten Gefäße gespritzt. Die Patienten waren danach schmerzfrei. Diese Erkenntnis lässt vermuten, dass die pathologisch neu gebildeten Gefäße und die dazugehörigen Nerven für die Schmerzen verantwortlich sind. Im Gegensatz zu den Patienten mit Schmerzen wurden bei den Patienten, die nach der Behandlung mit exzentrischer Belastung schmerzfrei waren, keine pathologisch neu gebildeten Gefäße gefunden [1]. Sharma und Maffulli vermuteten, dass die Schmerzen durch eine Kombination von mechanischen (Beschädigung der kollagenen Fasern) und biochemischen (erhöhte Laktat- und Glutamatkonzentration) Faktoren entstehen [70].

2.5 Terminologie

Die Diagnose „Tendinose“ wird bei Patienten aufgestellt, welche unter chronischem Sehnenschmerz leiden und deren Sehnenbiopsie, Radiografie, Ultraschall oder MRI eine Abweichung gegenüber normalen Sehnen zeigen. Dieser Begriff wird hauptsächlich benutzt, um histopathologische Befunde mit intratendinöser Degeneration und Abwesenheit von Entzündungszeichen zu beschreiben. Der Begriff „Tendinopathie“ wird gebraucht, um die Kombination von Sehnenschmerz und beeinträchtigter Arbeitsleistung anzukünden. Tendinopathien sind oft verbunden mit Sehnenverdickungen und intratendinösen Veränderungen. Tendinitis wird hauptsächlich als histopathologischer Begriff verwendet, der in erster Linie die Sehne selbst betrifft, in welcher eine entzündliche Reaktion stattfindet. Es wird empfohlen den Begriff Tendinopathie als klinische Diagnose bei Patienten mit Sehnenschmerz zu benutzen. Tendinose und Tendinitis erfordern eine Biopsie zur Diagnosestellung. Bei der Tendinose sollte eine degenerative Veränderung vorliegen, während bei der Tendinitis eine Entzündung zum Vorschein kommt [19]. Die Ätiologie und die Pathogenese der Tendinopathien sind wissenschaftlich noch weitgehend ungeklärt [1].

Nach Fredberg und Stengaard-Pedersen sind Symptome chronisch, wenn sie länger als 3 Monate anhalten, subakut, wenn sie während 6-12 Wochen vorhanden sind und akut, wenn die Symptome von 0 bis 6 Wochen dauern [19].

2.6 Kraft

Die Maximalkraft ist die grösstmögliche Kraft, welche, dynamisch oder statisch, willkürlich gegen einen Widerstand ausgeübt werden kann. Sie ist abhängig vom Muskelquerschnitt, von der intra- und intermuskulären Koordination sowie von der Muskelfaserzusammensetzung. Die Schnellkraft hingegen ist die Fähigkeit, Kraft möglichst explosiv zu entwickeln. Dabei werden der eigene Körper, Körperteile oder Geräte auf möglichst hohe Geschwindigkeit beschleunigt. Kraftausdauer ist die Widerstandsfähigkeit der Muskulatur gegenüber Ermüdung bei langen oder sich wiederholenden Kraftleistungen. Bei der Kraftausdauer beträgt der Krafteinsatz mindestens 30% der Maximalkraft. Die Kraftausdauer hängt also von der Maximalkraft und zusätzlich von den lokalen anaeroben sowie zum Teil aeroben Ausdauerqualitäten ab [73].

2.7 Kontraktionsformen

Bei der isotonischen (dynamischen) Kontraktionsform bleibt die Muskelspannung während der ganzen Bewegung gleich, die Muskellänge jedoch ändert sich. Diese Kontraktionsform wird in exzentrische (negativ dynamische) und konzentrische (positiv dynamische) Kontraktionen unterteilt. Die isometrische Kontraktionsform wird definiert durch die gleich bleibende Muskellänge während der ganzen Bewegung bei veränderter Muskelspannung. Auxoton nennt man die Kombination von isometrischer und isotonischer Kontraktion. Hierbei verändern sich Länge und Spannung des Muskels. Ein weiterer Mechanismus ist die Isokinetik, wobei anhand eines Apparates die Bewegungsgeschwindigkeit während der Bewegung konstant gehalten wird. Schliesslich gibt es noch die plyometrische Kontraktionsform, welche aus 2 Phasen besteht. Zuerst geschieht eine exzentrische Kontraktion, in der sich der Muskel schnell verlängert, wodurch eine höhere potentielle Energieentwicklung der darauffolgenden konzentrischen Kontraktion bewirkt wird. Zudem führt die Längenzunahme des Muskels zu einem erhöhten Dehnungsreflex. Dies verstärkt die Kontraktion [73].

2.8 Wirkungsmechanismus des exzentrischen Trainings

Der Wirkungsmechanismus der exzentrischen Belastung auf die Muskel-Sehnen Einheit stützt sich trotz vielfachen Studien auf Hypothesen. 1996 fanden Hortobagyi et al. [26] in ihrer Studie heraus, dass exzentrisches Training die konzentrische, exzentrische und isometrische Kraft deutlicher verbesserte ($p < 0.05$) als konzentrisches Training. Sie nahmen an, dass es eine höhere neuromuskuläre Adaptation nach exzentrischem Training gab. Vorgängige Studien gingen davon aus, dass ein schneller anfänglicher Kraftgewinn mit der neuromuskulären Adaptation zusammenhängt [64].

Horstmann et al. [25] versuchten 1998 in ihrer Studie den Unterschied der Stoffwechselreaktion zwischen exzentrischem und konzentrischem Stress ausfindig zu machen. Ein höherer Kraftwert ($p < 0.01$), eine niedrigere Ermüdung ($p < 0.001$), eine tiefere Laktat- ($p < 0.01$) und Ammoniakproduktion ($p < 0.01$) waren bei der exzentrischen Belastung gefunden worden.

Langberg et al. [40] hatten in ihrer Studie im Jahre 2005 zum Ziel den lokalen Effekt von exzentrischem Training zu untersuchen. Vor und nach dem Training wurde die Kollagenkonzentration im Gewebe anhand einer Mikroanalyse getestet. Nach dem Training war die Kollagensynthese in der verletzten Sehne (PICP Konzentration) im

Vergleich zu vorher angestiegen. Die PICP Konzentration (Marker für die Kollagensynthese Typ 1) in der gesunden Sehne blieb unverändert. Sowohl bei der gesunden als auch bei der verletzten Sehne war die ICTP Konzentration (Marker für den Kollagenabbau) nach dem Training unverändert. In der Studie von Langbergs et al. wurde angenommen, dass die Homöostase des Bindegewebes bei Tendinopathien gestört war und durch den positiven Effekt des exzentrischen Trainings (Stimulation der Kollagensynthese) ein Teil des verletzten Gewebes wieder hergestellt werden konnte. Aus diesem Grund sah man bei einer gesunden Sehne keine Veränderungen, da dort die Homöostase nicht gestört war. Man konnte davon ausgehen, dass der Anstieg des Kollagens Typ1 den Blutfluss und die pathologisch neu gebildeten Gefässe minimierte. Alfredson et al. beobachteten 2005 [1] in ihrer Studie über Achillestendinopathien, dass während exzentrischen Übungen, im Moment der Dorsalextension des Fusses, der Blutfluss in den pathologisch neu gebildeten Gefässen der Achillessehne verschwand, wobei die Sauerstoffsättigung unverändert blieb. In Neutralstellung des Fusses wurde der Blutfluss wieder hergestellt. Theoretisch könnten die pathologisch neu gebildeten Gefässe und Nerven durch die exzentrische Belastung beschädigt worden sein. Bei Patienten, die mit exzentrischem Training zufrieden waren, wurden keine bleibenden pathologischen Gefässe festgestellt. Bei Patienten mit schlechten klinischen Resultaten, fand man weiterhin derartige Gefässe. Es stellt sich also die Frage, ob der Erfolg des exzentrischen Trainings auf die Veränderung der pathologisch neu gebildeten Gefässe und der dazugehörigen Nerven zurückzuführen ist? [1]

In einer neuen Studie (Mai 2009) suchten Allison und Purdam [4] Argumente für und gegen das exzentrische Training in der Rehabilitation bei chronischen Tendinopathien der Achillessehne. Sie befassten sich mit der Frage: Wie weiss die Sehne was an den Muskelfasern geschieht? Entweder muss es eine Kommunikation zwischen dem Muskel und der Sehne geben oder die exzentrische Kontraktion ist für die Sehne eine spezielle Form von Belastung. Bei der Durchführung einer exzentrischen Übung muss der Teilnehmer ein grosses Bewegungsausmass absolvieren und es ist möglich, dass in erster Linie die passiven Strukturen die Kraft abfangen anstatt die Muskelfasern. Dies wegen der Tatsache, dass die Muskelfasern kleiner sind als die optimale Länge des Hebelarmes des Längen-Spannung Verhältnisses. Es könnte sein, dass dieses extreme Bewegungsausmass im Zusammenhang mit dem Belastungsgewicht, die Rezeptoren der Aponeurose stimuliert, um die mechanische Weitergabe entlang der Sehne zu fördern.

Ausserdem muss die Dehnposition der Sehne in dieser Extremstellung ein anderes Belastungsprofil auf die Sehne anbringen, denn nur während exzentrischer Belastung in einer Extremstellung kann der Ursprung der Pathologie gezielt bearbeitet werden. Dies zeigt sich bei den Ansatz-tendinopathien, welche schlecht auf exzentrisches Training ansprechen. Vielleicht erklären die einmalige Kombination der Fussgelenksbiomechanik und das Belastungsprofil der Sehne den klinischen Effekt von exzentrischem Training? Das heisst, es zeigt sich nur im Bezug auf das Fussgelenk ein positiver Effekt, nicht aber bei anderen Gelenken. Es braucht weiteres Wissen über den Mechanismus, um zu gewährleisten, dass dieses exzentrische Training generalisiert angewendet werden kann.

Somit warfen Allison und Purdam die Frage auf, welches die möglichen und grundlegenden Mechanismen im Zusammenhang mit sichtlicher Veränderung in der pathologischen Achillessehne seien.

1. Eine verbesserte Homogenität der Steifigkeit der passiven Strukturen

In dieser Pathologie sieht man eine Heterogenität in den viskoelastischen Bestandteilen der Sehne. Das heisst, einzelne Anteile der passiven Strukturen sind steifer als andere Elemente, und zwar jeweils in den seriell- und parallel geschalteten Strukturen [persönliche Kommunikation G. Allison Juni 2009]. Eine weitere Hypothese ist, dass exzentrisches Training die steiferen Elemente mehr dehnt als die weniger steifen, und so die Unterschiede ausgleicht (=homogenere Steifigkeit). Dies könnte mit der extremen Dorsalextension des Fussgelenks und der Geschwindigkeit der exzentrischen Belastung zu tun haben. Im Grenzbereich (zwischen zwei Fasern mit unterschiedlicher Steifigkeit und Spannung) der Sehne, treten die grössten Scherkräfte auf. Ein Ausgleich der Steifigkeit der Fasern würde diese Scherkräfte reduzieren. Ausserdem könnte die exzentrische Belastung die angrenzende Aponeurose und somit die Muskel-Sehnen Einheit beeinflussen. Dies wiederum könnte die Kombination der mechanischen (Steifigkeit der Fasern) und neurologischen (Spinalreflex) Feedbacks abändern, welches für eine optimale Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) Funktion der unteren Extremitäten erforderlich ist.

2. Es bestehen höhere Scherkräfte zwischen Tenon - und Paratenonstrukturen

Die exzentrische Belastung vermindert den pathologisch gesteigerten Blutfluss, welcher bei Tendinopathien der Achillessehne besteht (verminderte Durchblutung bei exzentrischer Bewegung in pathologisch neu gebildeten Gefäßen im Moment der Dorsalextension des Fusses, bei gleichbleibender Sauerstoffsättigung) [1]. Die pathologische Gefäßneubildung könnte mit den mechanischen Scherkraftstimuli zwischen Tenon und Paratenon zusammenhängen. Verminderte Scherkräfte senken möglicherweise das Eindringen von neuen Blutgefäßen in der Sehne. Dies verändert ebenfalls den nozizeptiven Input.

Allison und Purdam [4] kamen zum Schluss, dass exzentrisches Training nicht als Krafttraining, sondern als Stretchingprogramm angesehen werden sollte. Parallel zum exzentrischen Training sollten gut dosiertes Widerstandstraining und sportspezifisches, funktionelles Kraft- Ausdauertraining angewandt werden.

Auch Alfredson et al. [1] befassten sich in ihrer Studie im Jahre 2005 mit dem Effekt des Dehnens bei exzentrischem Training. Der Erfolg des exzentrischen Trainings liegt vielleicht daran, dass die Dehnung eine Verlängerung der Muskel-Sehnen-Einheit hervorruft, was folglich zu weniger Spannung während der Fussgelenkbewegung führt. Die exzentrische Belastung könnte eine Hypertrophie und eine erhöhte Zugfestigkeit der Sehne bewirken. Da die Ausführung von exzentrischen Übungen schmerzhaft ist, könnte dies eine Verminderung der Schmerzempfindung der Sehne provozieren [1]. Zusammenfassend muss gesagt werden, dass die Wirkungsmechanismen immer noch unklar sind.

2.9 Definition der Outcomes

Wir entschieden uns für die Outcomes Schmerz, Kraft und Funktion/Funktionsfähigkeit da diese Parameter durch den Physiotherapeuten während dem Therapieverlauf reevaluiert werden können. Ausserdem haben wir beim Einlesen in unsere Thematik bemerkt, dass sich viele Studien mit diesen Outcomes befassten.

2.9.1 Funktion

Funktionsfähigkeit und Behinderung gliedern sich nach ICF in die Komponente des Körpers und die Komponente der Aktivitäten und Partizipation. Zwei Klassifikationen

beschreiben die Körperkomponente, nämlich die Körperfunktionen und die Körperstrukturen.

Körperfunktionen

Körperfunktionen sind die physiologischen Funktionen von Körpersystemen (einschliesslich psychologische Funktionen).

Körperstrukturen

Körperstrukturen sind anatomische Teile des Körpers, wie Organe, Gliedmassen und ihre Bestandteile.

Schädigung

Unter Schädigungen versteht man Beeinträchtigungen einer Körperfunktion oder Struktur, wie zum Beispiel eine wesentliche Abweichung oder einen Verlust. Sie entspricht dem negativen Aspekt der Körperfunktion und –struktur. Schädigungen stellen eine Abweichung von gewissen, allgemein anerkannten Standards bezüglich des biomedizinischen Zustands des Körpers und seiner Funktionen dar. Die Definition ihrer Bestandteile obliegt in erster Linie qualifizierten Fachleuten. Schädigungen werden in Kategorien klassifiziert. Sobald eine Schädigung vorhanden ist, kann sie hinsichtlich ihres Schweregrades mit dem allgemeinen Beurteilungsmerkmal der ICF eingestuft werden.

Aktivität

Eine Aktivität ist die Durchführung einer Aufgabe oder einer Handlung (Aktion) durch einen Menschen.

Partizipation (Teilhabe)

Partizipation ist das Einbezogensein in eine Lebenssituation

Bei chronischen Tendinopathien sind die Gelenke und das Bewegungsausmass oft eingeschränkt, weshalb es wichtig ist die Einschränkung der Funktionsfähigkeit zu messen. Die Outcomes der eingeschlossenen Studien befassen sich entweder mit der Funktion oder mit der Funktionsfähigkeit, welche mit der Definition „Aktivität und

Partizipation“ nach ICF übereinstimmt. Da wir in unserer systematischen Literaturübersicht alle Sehnen eingeschlossen haben, gibt es eine Vielzahl von Tests zur Messung der Funktion und der Funktionsfähigkeit, wobei wir die häufigsten erwähnen und im Anhang näher beschreiben:

- Victorian Institute of Sport Assessment score (VISA)
- Victorian Institute of Sport Assessment-Achilles questionnaire (VISA-A)
- Likert Scale
- American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS)
- Short Form 36 (SF-36)
- Knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS)
- Patient-rated Forearm Evaluation Questionnaire (PRFEQ)
- EuroQol generalised health questionnaire
- The functional index of leg and lower limb (FILLA)
- Global Evaluation Score nach Visnes und Bahr
- Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand (DASH)
- Functional Test von Bahr

2.9.2 Schmerz

In unserer systematischen Literaturübersicht beziehen wir uns auf die Definition der International Association for the Study of Pain, welche „Schmerzen“ wie folgt erklärt: „Schmerz ist ein unangenehmes Sinnes- oder Gefühlserlebnis, das mit tatsächlicher oder drohender Gewebeschädigung einhergeht oder von betroffenen Personen so beschrieben wird, als wäre eine solche Gewebeschädigung die Ursache.“ [28].

In den eingeschlossenen Studien, wurden folgende Messinstrumente zur Schmerzmessung benützt, welche im Anhang näher beschrieben werden:

- Visual Analog Scale (VAS)
- Numeric Rating Scale (NRS)
- Pain threshold
- Patient-rated Forearm Evaluation Questionnaire (PRFEQ)
- Short Form 36 (SF-36)
- Global Evaluation Score nach Visnes

2.9.3 Kraft

Für die Definition der Kraft verweisen wir auf die Kapitel 2.6 und 2.7.

Die eingeschlossenen Studien massen die exzentrische oder die konzentrische Kraft der Teilnehmer mit den folgenden Messinstrumenten:

- Pain-free-grip strength (PFG)
- KIN/COM Dynamometer
- Strength gauge
- Jumping performance nach Visnes

3. Methoden

3.1 Ein- und Ausschlusskriterien

- Einschluss: RCT's, exzentrisches Training als Intervention, Männer und Frauen, chronische Tendinopathie, alle Sehnen der OE und UE, Outcomes: Kraft, Schmerz oder Funktion/Funktionsfähigkeit
- Ausschluss: Ruptur und Teilruptur, Tiere, chirurgisch behandelte Sehnen, retrospektive Studien, Studien, die nicht in Deutsch, Englisch oder Französisch sind

3.2 Fragestellung

Population:

chronic, tendinopathy, tendinopathies, tendinopath*, tendon, injur*, tendopathy, tend*, tendinitis, tendinitides, tendonitis, tendinitides, tendinitide, tendinosis, tendinose*, tendinose, tendinoses, calcification, calcific*, enthesiopath*, enthesopath*, enthesiopathies, enthesiopathy, enthesopathy, enthesopathies, paratendinitis, peritendinitis, tendovaginiti*, tenovaginitis, tenosynovitis, aponeurosis, achilodynie, "jumper's knee", "runner's knee", "iliotibial band friction syndrome", epicondylitis, epicondylosis, "tennis elbow", "golfer's elbow", "pitcher's elbow", pain, "overuse injuries", "overuse injury"

patella, patell*, achilles, achill*, ankle, foot, wrist, knee, elbow, shoulder, supraspinatus, "long biceps", "biceps brachii", biceps*, subscapularis, infraspinatus, "teres minor", "rotator cuff", muscle*, "flexor carpi ulnaris", flexor*, "pronator teres", "flexor carpi radialis", "flexor digitorum superficialis", "palmaris longus", extensor*, "extensor carpi radialis", "extensor carpi ulnaris", "extensor digiti minimi", "extensor digitorum", anconaeus, supinator

Intervention :

eccentric*, eccentric, “eccentric exercise”

Comparaison :

Lassen wir offen

Outcome:

Lassen wir offen

3.3 Suchstrategie

Die Therapieformen der Kontrollgruppen liessen wir bei der Suchstrategie weg, da wir jede Intervention als Vergleich zu exzentrischem Training einschliessen möchten und uns nicht mit der Suche limitieren wollten.

Die Suchen in den verschiedenen Datenbanken wurden von beiden Studenten gemeinsam durchgeführt.

- Erste Suche (10.07.2008): mit den oben genannten PICO-Suchbegriffen. Resultate: 3459
- Zweite Suche (16.07.2008): Limitierung auf RCT's. Resultate: 840
- Dritte Suche (18.07.2008): Outcomes nicht definiert. Resultate: 874

Suche vom 17.02.2009 ohne definierte Outcomes und mit Limitierung auf RCT'S:

[illegible]

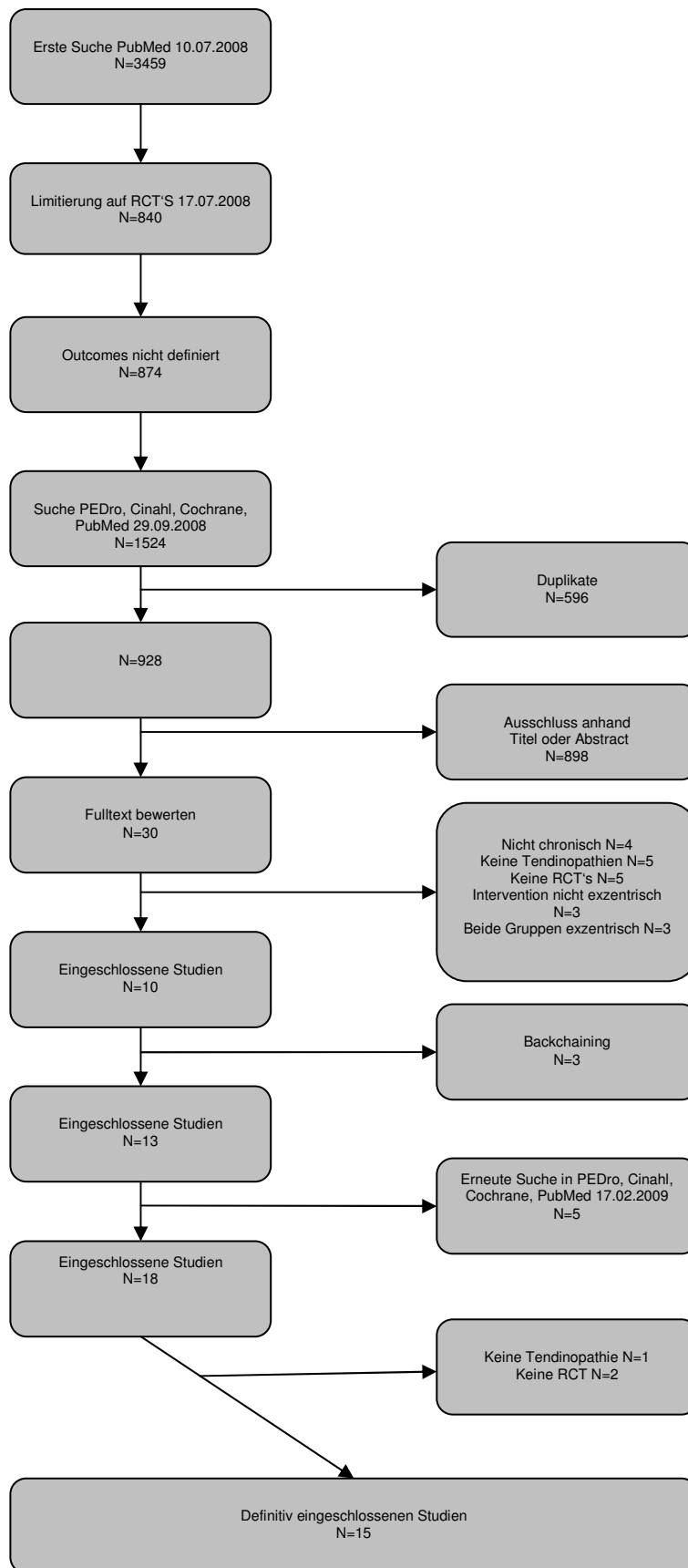
teres")) OR (("flexor carpi radialis")) OR (("flexor digitorum superficialis")) OR (("palmaris longus")) OR ((extensor*)) OR (("extensor carpi radialis")) OR (("extensor carpi ulnaris")) OR (("extensor digiti minimi")) OR (("extensor digitorum")) OR ((supinator)) OR ((anconaeus)) OR (("Muscles"[Mesh])) OR (("Rotator Cuff"[Mesh])) OR (("Shoulder"[Mesh])) OR (("Elbow"[Mesh])) OR (("Knee"[Mesh])) OR (("Wrist"[Mesh])) OR (("Foot"[Mesh])) OR (("Ankle"[Mesh])) OR (("Achilles Tendon"[Mesh])) OR (("Patellar Ligament"[Mesh])) OR (("Bursitis"[Mesh])) OR (("Pain"[Mesh])) OR (("Tennis Elbow"[Mesh])) OR (("Tenosynovitis"[Mesh])) OR (("Calcification, Physiologic"[Mesh])) OR (("Tendinopathy"[Mesh])) OR (("Wounds and Injuries"[Mesh])) OR (("Soft Tissue Injuries"[Mesh])) OR (("Tendons"[Mesh])) OR (("Tendon Injuries"[Mesh])) OR (("Chronic Disease"[Mesh])) AND (((("eccentric exercise")) OR ((eccentric)) OR ((eccentric*)))) AND (((((((((((randomized controlled trial[pt])) OR ((controlled clinical trial[pt])) OR ((randomized[tiab])) OR ((placebo[tiab])) OR ((drug therapy[sh])) OR ((randomly[tiab])) OR ((trial[tiab])) OR ((groups[tiab])) AND ((humans[mh]))

Results: 913

3.4 Ausschlussverfahren

- 1. Ausschlussverfahren: Alle Studien wurden ins EndNote kopiert. Die Titel wurden von beiden Studentinnen separat gelesen und anhand der Ein- und Ausschlusskriterien bewertet. Gemeinsam wurde entschieden, welche Studien eingeschlossen wurden. Bei Meinungsverschiedenheiten entschied der Mentor.
- 2. Ausschlussverfahren: Alle Abstracts, der im ersten Ausschlussverfahren eingeschlossenen Studien, wurden im EndNote von beiden Studentinnen einzeln gelesen und analysiert. Diese wurden wiederum mit denselben Kriterien separat bewertet und ein-oder ausgeschlossen. Bei Meinungsverschiedenheiten entschied wiederum der Mentor.
- Die eingeschlossenen Studien wurden bestellt und von den Studierenden anhand der PEDro Skala separat bewertet. Beide Studentinnen lasen und bewerteten alle Studien. Diese Bewertung wird eventuell für eine spätere Sensitivitätsanalyse benötigt.

Abb. 1: Studienausschluss



3.5 Qualitätsassessments

Zur Prüfung der methodologischen Qualität wurde mit der PEDro Skala gearbeitet, welche als reliables Qualitätsmessinstrument für randomisierte, kontrollierte Studien bewertet wurde [42]. Die Bewertung der Studien wurde nicht blindiert durchgeführt.

3.6 Datenerfassung

Beide Studentinnen führten die Datenerhebung separat durch, wobei die Studien aufgeteilt wurden. Die Datenerhebung wurde nicht blindiert gemacht. Von jeder eingeschlossenen Studie wurden Autor, Titel, Erscheinungsjahr, Intervention, Teilnehmerzahl, Outcomes und die PEDro-Skala in den RevMan5 eingetragen. Somit konnte eine rasche Übersicht über die Rohdaten erzielt werden. Bei den Studien, die gepoolt werden konnten, wurden zu den jeweiligen Outcomes der Mittelwert, die Standardabweichung und die Teilnehmerzahl eingetragen, um einen Forest plot zu erarbeiten. Es wurden nur Daten in Bezug auf Schmerz, Funktion/Funktionsfähigkeit oder Kraft berücksichtigt, alle anderen Outcomes wurden ignoriert.

3.7 Datenanalyse

Alle Studien, welche exzentrische Belastung mit einer anderen Therapieform verglichen und dieselben Outcomes untersuchten, wurden analysiert. Die Effekte der kontinuierlichen Daten wurden mittels Differenz des Mittelwertes (MD) und dem dazugehörigen Konfidenzintervall (CI 95%) angegeben. Da die Daten nicht mit demselben Messinstrument gemessen wurden, musste mit der standardisierten Abweichung des Mittelwertes (SMD) gerechnet werden. Der p-Wert (p) wurde bei jeder Berechnung angegeben, um die statistische Signifikanz darzustellen. Wenn der p-Wert weniger als 0.05 beträgt, ist der Effekt statistisch signifikant. Bei jedem Vergleich wurde auch die Heterogenität (I^2) der Studien angegeben, um zu zeigen, wie unterschiedlich die Studien waren. Zur Interpretation der Heterogenität haben wir uns an den Richtlinien des Cochrane Handbuchs orientiert:

- 0% to 40%: might not be important
- 30% to 60%: may represent moderate heterogeneity
- 50% to 90%: may represent substantial heterogeneity
- 75% to 100%: considerable heterogeneity [24]

Die gepoolten Resultate wurden mittels Forest plot dargestellt. Man kann somit von den einzelnen Studien (grünes Viereck) und von der Metaanalyse die Effektgrösse und das dazugehörige Konfidenzintervall herauslesen. Alle Berechnungen wurden im Modell mit zufälligen Effekten (random effects) erstellt. Dieses Modell geht davon aus, dass die Studien zu ähnlichen Fragestellungen gemacht worden sind, ihre Ergebnisse unterscheiden sich aber sowohl durch die Zufallsschwankung als auch durch die Unterschiede der Studien selbst. Modelle mit zufälligen Effekten erzeugen grössere Konfidenzintervalle als Modelle mit festen Effekten. Aus diesem Grund werden sie als realistischer angesehen. Alle Berechnungen, Grafiken und Tabellen wurden mit dem RevMan5 erstellt. Bei Studien, welche verschiedene Outcomes oder nicht vergleichbare Messinstrumente beinhalteten, wurden die Effekte deskriptiv beschrieben.

4. Resultate der Studiensuche

Es wurden insgesamt 15 Studien eingeschlossen, wobei sich 5 Studien mit der Patellarsehne, 8 mit der Achillessehne und 2 mit lateraler Epicondylitis befassten. Insgesamt wurden 633 Patienten untersucht. Einige Studien enthielten mehr als 2 Gruppen.

Tabelle 1: Interventionen der eingeschlossenen Studien

Kontrollgruppe	Anzahl Studien
Dehnen	4
Air Heel Brace	1
Konzentrisches Training	3
Chirurgischer Eingriff	1
Stosswellentherapie	2
Ultraschall	3
Kryotherapie	1
Querfriktionen nach Cyriax	2
Volleyballtraining	1

Die Dauer der Interventionen variierte von 4 bis 12 Wochen, wobei die meisten Studien ihre Patienten während 12 Wochen trainieren liessen. Bei den Nachuntersuchungen gab es grössere Unterschiede. Diese variierten von 6 Wochen bis zu einem Jahr. Siehe Tabelle 2.

Die methodologische Qualität der Studien, gemessen anhand der PEDro Skala, variierte zwischen 3 bis 8 von 10 möglichen Punkten. Siehe Tabelle 3

Tabelle 2: Daten der Studien

Erstautor	betroffene Sehne	Teilnehmer	Interventionsgruppe	Kontrollgruppe	Zusatzgruppe	Outcomes	PEDro
Bahr et al. 2006	Patellarsehne	Anfang: 35 Ende: 35	12 Wochen exzentrisches Training (unilaterale Squats auf 25 ° geneigtes Brett) 2xtägl., 3x15 mit Schmerz	12 Wochen Follow-up nach Operation		VISA und Global Evaluation Score nach 3,6,12 M Functional test nach 6,12 M "Zurück zum Sport" nach 12 M	8
Chester et al. 2007	Achillessehne	Anfang:18 Ende: 16	12 Wochen exzentrisches Training 1xtägl., 7 Tage/Wo, 3x15, mit Schmerz	12 Wochen Ultraschall		Schmerzen während Laufen(VAS): nach 2, 6, 12 W Ruheschmerz(VAS): nach 2, 6, 12 W Schmerz nach Sport(VAS) nach 2,6,12 W Funktion: EQ5D, FILLA nach 2,6,12 W	5
Herrington und McCulloch 2007	Achillessehne	Anfang: 25 Ende: 25	12 Wochen exzentrisches Training mit gebeugtem und gestrecktem Knie (2xtägl., 7Tage/Wo, 3x15, mit Schmerz) plus Dehnen plus 6 Wochen Ultraschall und Tiefe Querfraktionen	6 Wochen Ultraschall und Tiefe Querfraktionen plus 12 Wochen Dehnen		VISA-A Fragebogen am Anfang und nach 4,8,12 W	7
Jensen und Di Fabio 1989	Patellarsehne	Anfang: 15 Ende: 15	8 Wochen exzentrisches Training (3x/Wo 1.Woche= 6x5 2.-8.Woche= 4x5 mit steigender Geschw.) + Dehnen	8 Wochen Dehnen		Kraft: exzentrisch, anhand KIN/COM Dynamometer): am Anfang und nach 4,8 W Schmerzen während Aktivität (Skala 0-4) Ruheschmerz (Skala 0-4)	6
Jonsson und Alfredson 2005	Patellarsehne	Anfang: 15 Ende: 12	12 Wo exz. 4' zepstraining, 25° geneigtes Brett, 2xtägl., 7Tage/Wo, 3x15, mit Schmerz	12 Wochen konzentrisches Quadripzestraining		Schmerz(VAS 0-100): am Anfang und nach 12 W VISA: am Anfang und nach 12 W	5
Knobloch et al. 2007	Achillessehne	Anfang: 20 Ende: 20	12 Wo, exz., bilat. Training, 1xtägl., 3x15 langsam, mit Schmerz	12 Wochen relative Ruhe und 10min Eisapplikation		Schmerz während Übung(VAS 0-10): am Anfang und nach 4,12 W	7
Mafi et al. 2001	Achillessehne	Anfang: 44 Ende: 44	12 Wo exzentrisches Training mit gebeugtem und gestrecktem Knie, 2xtägl., 3x15, mit Schmerz	12 Wochen konzentrisches Training mit gebeugtem und gestrecktem Knie		Schmerzen während Aktivität(VAS): nach 12 W	7
Martinez-Silvestrini et al. 2005	laterale Epicondylitis	Anfang: 94 Ende: 81	6 Wo exz. Training mit Gummiband (1xtägl., 3x10 mit 2-5Min Pause, mit Schmerz) plus passives Dehnen, plus Eis	6 Wo konz. Training mit Gummiband (1xtägl., 3x10 mit 2-5Min Pause, mit Schmerz), plus passives Dehnen, plus Eis	6 Wochen passives Dehnen, plus Eis	Kraft: PFG am Anfang und nach 2,6 W PRFEQ am Anfang und nach 2,6 W Funktion: DASH am Anfang und nach 2,6 W SF-36 am Anfang und nach 2,6 W Schmerz(VAS): am Anfang und nach 2,6 W	6

Resultate der Studiensusche

Norregaard et al. 2007	Achillessehne	Anfang: 45 Nach 3M: 38	12 Wo exz. Training mit gebeugtem und gestrecktem Knie, 2xtägl., 3x15, mit Schmerz	12 Wochen Dehnen		KOOS Fragebogen nach 3,6,9,12,52 W Allg. Verbesserung nach 3,12 M	4
Petersen et al. 2007	Achillessehne	Anfang: 100 Nach 3M: 86 Nach 1J: 72	12 Wo exz. Training mit gebeugtem und gestrecktem Knie, 3xtägl., 7Tage/Wo, 3x15	12 Wochen Tragen einer AIR HEEL BRACE	12 Wochen Trage einer AIR HEEL BRACE und exzentrisches Training	Ruheschmerz(VAS 0-10): nach 6,12,54 W Schmerzen während Gehen(VAS): nach 6,12,54 W Schmerzen während sportlicher Aktivität(VAS): nach 6,12,54 W Funktion: AODFAS hindfoot scale: nach 6,12,54 W Lebensqualität: SF36 nach 6,12 W	6
Rompe et al. 2007	Achillessehne	Anfang: 75 Ende: 70	12 Wo exz. Training mit gebeugtem und gestrecktem Knie, 2xtägl., 7Tage/Wo, 3x15 Mit 1Min Pause, progressiv	12 Wochen Stosswellentherapie	12 Wochen "wait and see"	VISA-A score: nach 6,16 W General assessment (Likert scale): nach 16 W Schmerz(NRS): nach 16 W Pain threshold (kg): nach 16 W	7
Rompe et al. 2008	Achillessehne	Anfang: 50 Ende: 45	Gleich wie Rompe 2007	12 Wochen Stosswellentherapie		VISA-A score: nach 4 M General assessment(Likert scale): nach 4 M Schmerz(NRS): nach 4 M Pain threshold (kg): nach 4 M	8
Stasinopoulos und Stasinopoulos 2004	Patellarsehne	Anfang: 30 Ende: 30	4 Wo exz. Training (unilateral Squats, 3x15 langsam, 2Min Pause) plus Dehnen	4 Wochen pulsierender Ultraschall	4 Wochen Tiefe Querfraktionen (Cyriax)	Schmerz(0-5): nach 4,8,16 W	4
Svernlöv und Adolfsson 2001	laterale Epicondylitis	Anfang: 38 Ende: 30	12 Wo exz. Training(1xtägl., 3x5, schmerzfrei) plus statisches Dehnen	12 Wochen Contract-Relax-Dehnen		Grip strength anhand Strain gauge device (kg): am Anfang und nach 3,6,12 M Schmerz(VAS): am Anfang und nach 3,6,12 M Symptome(1-4)	3
Visnes et al. 2005	Patellarsehne	Anfang: 29 Ende: 28	12 Wo Volleyballtraining plus exzentrisches Training (unilaterale Squats auf 25° geneigtes Brett, 2xtägl., 3x15, mit Schmerz)	12 Wochen Volleyballtraining		Schmerz(VAS) während exzentrischer Übung: am Anfang und wöchentlich, zusätzlich in der 18+ 40W VISA: am Anfang und wöchentlich bis Ende 12W. Zusätzlich in der Woche 18+ 40 Global Knee Function Score: Nach 12W Jumping Performance: am Anfang und nach 12 W	7

Tabelle 3: Übersicht der PEDro Skala

	1. eligibility criteria	2. random allocation	3. concealed allocation	4. similarity of groups at baseline	5. blinding of all subjects	6. blinding of all therapists	7. blinding of all assessors	8. 85% measurement of one key outcome	9. intention to treat	10. between-group results	11. point measures
Bahr 2006	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
Chester 2007	+	+	?	-	-	-	-	+	+	+	+
Herrington	+	+	?	+	-	-	+	+	+	+	+
Jensen 1989	+	+	+	?	-	-	-	+	+	+	+
Jonsson 2005	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+
Knobloch 2007	+	+	?	+	-	-	+	+	+	+	+
Mafi 2001	-	+	+	+	-	-	?	+	+	+	+
Martinez 2005	+	+	-	+	-	-	?	+	+	+	+
Norregaard 2007	+	+	?	+	-	-	-	-	-	+	+
Petersen 2007	?	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+
Rompe 2007	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+
Rompe 2008	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
Stasinopoulos 2004	+	+	?	-	-	-	+	+	+	?	?
Svernlöv 2001	+	+	?	-	-	-	?	-	-	+	+
Visnes 2005	+	+	+	+	-	-	?	+	+	+	+

4.1 Vergleich exzentrisches Training versus Stretching

Die Studie von **Martinez-Silvestrini et al.** [44] untersuchte an 81 Patienten mit chronisch lateraler Epicondylitis den Effekt von exzentrischem Training (Während 6 Wochen, einmal täglich, 3x10 Wiederholungen, 2-5 Minuten Pause zwischen den Serien, mit moderatem Schmerz) kombiniert mit Dehnen im Vergleich zu Dehnen alleine in Bezug auf Schmerz und Kraft.

Schmerz

Die Patienten der exzentrischen Gruppe hatten nach 6 Wochen Behandlung weniger Schmerzen als die Stretching Gruppe. Die Differenz der Mittelwerte (MD) betrug -0.04 [-0.57, 0.49] 95% CI. Der Effekt ist statistisch nicht signifikant ($p=0.88$).

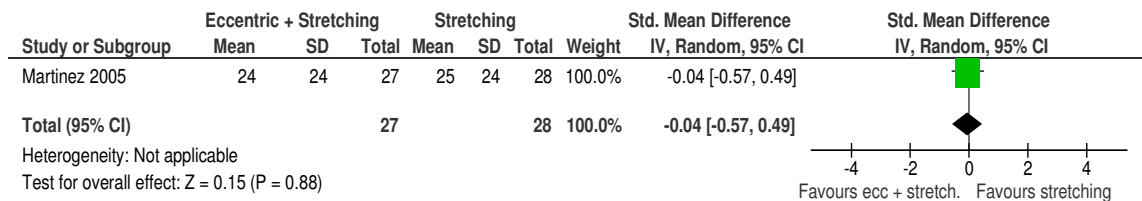


Abb. 2: Forest plot of comparison: 2 Eccentric vs. Stretching, outcome: 2.1 Pain

Kraft

Die Patienten der exzentrischen Gruppe hatten nach 6 Wochen Behandlung weniger Kraft als die Stretching Gruppe. Die Differenz der Mittelwerte (MD) betrug -0.25 [-0.78, 0.28] 95% CI. Der Effekt ist statistisch nicht signifikant ($p=0.35$).

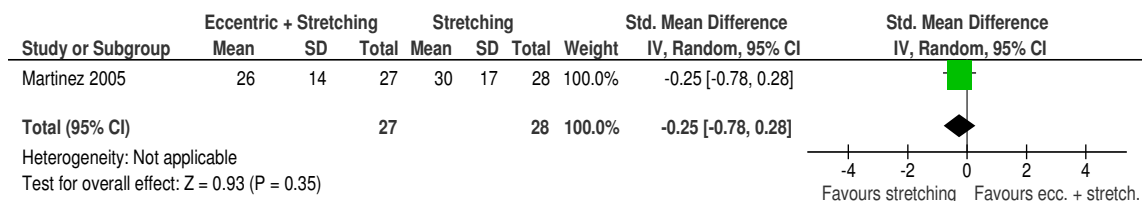


Abb. 3: Forest plot of comparison: 2 Eccentric vs. Stretching, outcome: 2.2 Strength

Jensen und Di Fabio [29] untersuchten an 15 Patienten mit patellarer Tendinitis ein 8-wöchiges Training. Die Kontrollgruppe $n=7$ absolvierte zweimal täglich, 7 Tage pro Woche ein Dehnungsprogramm. Dies bestand aus 2 Übungen für den M. Quadrizeps femoris und 2 Übungen für die ischiocrurale Muskulatur. Die Interventionsgruppe $n=8$ erhielt zusätzlich zum Dehnen noch dreimal wöchentlich ein exzentrisches Kräftigungsprogramm für den M. Quadrizeps femoris anhand eines KIN/COM Dynamometers. (6 x5 Wiederholungen in der ersten Woche, 4x5 Wiederholungen in der Woche 2 bis 8, mit steigender Geschwindigkeit) . Die Kraft des M. Quadrizeps femoris wurde anhand des KIN/COM Dynamometers in Prozent gemessen. Nach 4 Wochen hatte die Interventionsgruppe bei der Kraftmessung einen Mittelwert von 101 (SD 35), die Kontrollgruppe hingegen einen Mittelwert von 86 (SD 15). Die Gruppe, die zum Dehnen noch zusätzlich exzentrisches Training machte, war also besser, jedoch gab es keine statistische Signifikanz. Nach 8 Wochen hatte die Interventionsgruppe einen Mittelwert von 106 (SD 32), die Kontrollgruppe hingegen einen Mittelwert von 94 (SD 23). Wiederum war die exzentrische Gruppe besser. Auch hier war der Unterschied zwischen den Gruppen statistisch nicht signifikant.

Norregaard et al. [48] untersuchten den Langzeiteffekt eines 12-wöchigen Trainings an 45 Probanden mit Achillodynia. Beide Gruppen führten ihr Training zweimal täglich aus. Die exzentrische Gruppe absolvierte 3x15 Wiederholungen auf einer Stufe mit gebeugtem und gestrecktem Knie. Leichter Schmerz während den Übungen wurde toleriert. Die Stretching Gruppe absolvierte Dehnübungen im Stehen vom M. Gastrocnemius und M. Soleus während 30 Sekunden. Diese Übungen wurden fünfmal wiederholt, wobei das Dehnen immer schmerzfrei war. Beide Gruppen durften die alltäglichen Aktivitäten, die ohne Schmerz durchführbar waren, ausüben. Symptome, Schmerz, Steifigkeit, und Lebensqualität wurden anhand des KOOS Fragebogens gemessen. Dies geschah in den Wochen 3,6,9,12 und 52. In Bezug auf den Schmerz verbesserte sich der Mittelwert der exzentrischen Gruppe nach einem Jahr um 1.0 (SEM 0.2). Der Mittelwert der Stretching Gruppe verbesserte sich um 0.7 (SEM 0.2). Obwohl die exzentrische Gruppe nach einem Jahr weniger Schmerzen angab als die Stretching Gruppe, war der Unterschied zwischen den Gruppen statistisch nicht signifikant.

Svernlöv und Adolfsson [80] untersuchten an 38 Patienten mit lateraler Epicondylitis den Effekt eines 12-wöchigen Trainings in Bezug auf Kraft, Schmerz und Symptomreduktion. Die exzentrische Gruppe n=15 absolvierte einmal täglich, 3 Serien zu 5 Wiederholungen, schmerzfrei, mit einer Hantel. Vor und nach dem Training wurde ein statisches Dehnen durchgeführt. Die Stretching Gruppe n=15 benutzte einmal täglich ein „contract-relax-stretch program“ zum Dehnen. Alle Patienten trugen während ihren Aktivitäten eine „Gegenkraftbandage“ und während der Nacht eine Handgelenksstütze. Die Kraft und der Schmerz wurden anhand eines Belastungsanzeigergeräts im 3., 6. und 12. Monat gemessen. Nach 3, 6 und 12 Monaten zeigte die exzentrische Gruppe in der Kraftmessung einen höheren Mittelwert an, als die Stretching Gruppe. Der Unterschied war nur nach 6 Monaten signifikant, jedoch nicht nach 3 und 12 Monaten. Fünf Schmerzempfindungen wurden nach 3, 6 und 12 Monaten anhand der VAS gemessen: Ruheschmerzen, Palpationsschmerzen, Schmerzen bei anhaltender Dorsalextension, Schmerzen während dem „middle finger test“ und Schmerzen während dem Krafttest. Nach 3 Monaten war kein Unterschied zwischen den Gruppen mehr zu verzeichnen. Zwischen den beiden Gruppen gab es in keiner der 5 Schmerzmessungen einen signifikanten Unterschied nach Behandlungsende.

Kraft:	Nach 6 Wochen hatte die exzentrische Gruppe bei Martinez-Silvestrini et al. weniger Kraft als die Kontrollgruppe. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Bei Jensen und Di Fabio hatte die Gruppe, die zum Dehnen noch zusätzlich exzentrisches Training machte, mehr Kraft als die Kontrollgruppe nach 4 Wochen. Auch hier gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Die exzentrischen Gruppen verbesserten sich in den Studien von Jensen und Di Fabio und Svernlöv und Adolfsson stärker als die Stretching Gruppen. Bei Jensen und Di Fabio war der Unterschied nach 8 Wochen jedoch nicht signifikant. Bei der Studie von Svernlöv und Adolfsson war die Verbesserung nach 3 Monaten ebenfalls nicht signifikant.
Schmerz:	Nach 6 Wochen gab es bei Norregaard et al. die gleiche Schmerzreduktion in beiden Gruppen. Es gab somit keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen. Bei der Studie von Martinez-Silvestrini et al. hatte die exzentrische Gruppe nach 6 Wochen Behandlung weniger Schmerzen als die Kontrollgruppe. Der Unterschied

war auch hier nicht signifikant. Nach 12 Wochen wiesen bei Norregaard et al. beide Gruppen die gleiche Schmerzreduktion auf. Nach einem Jahr hatte die exzentrische Gruppe eine stärkere Verbesserung als die Stretching Gruppe. Dies war jedoch nicht signifikant. Bei Svernlöv und Adolfsson gab es zwischen den Gruppen keinen Unterschied in der Schmerzreduktion nach 3 und 12 Monaten.

4.2 Vergleich exzentrisches Training versus chirurgischer Eingriff

Die Studie von **Bahr et al.** [10] verglich die Outcomes von Patienten mit offener Patellartentomie mit denjenigen von Patienten mit exzentrischem Training bei Patellartendinopathie. 40 Sehnen (35 Patienten) wurden in der Studie eingeschlossen. Die exzentrische Gruppe führte 12 Wochen lang, zweimal täglich auf einem 25° geneigten Brett, 3 Serien zu 15 Wiederholungen durch. Leichter Schmerz wurde während der exzentrischen Aktivität empfohlen. Die chirurgische Gruppe befolgte simultan ein strukturiertes Rehabilitationsprogramm, welches erst ab der 6. Woche exzentrisches Training beinhaltete. Als primäres Messinstrument wurde der VISA-Score gewählt, welcher nach 3, 6 und 12 Monaten durchgeführt wurde. Ein weiteres Outcomemessinstrument war der „Functional Test“. Im Bezug auf den VISA-Score gab es keinen Unterschied zwischen den Gruppen während den 12 Monaten ($F = 0.26$; $p = 0.87$, Analysis of variance), jedoch wurde ein starker „Time effect“, (vorher-nacher) innerhalb der Gruppe festgestellt ($F = 55.9$; $p < 0.001$). Der durchschnittliche VISA-Score für beide Gruppen stieg von 30 vor dem Start der Therapien auf 49 nach 3 Monaten, auf 58 nach 6 Monaten und auf 70 nach 12 Monaten. 5 Patienten der exzentrischen Gruppe verspürten nach 12 Wochen keine Verbesserung und liessen sich nach 3 oder 6 Monaten operieren. Auch bei diesen 5 Patienten wurde keine signifikante Verbesserung im VISA-Score festgestellt. Beim „Functional Test“ gab es keine Differenz zwischen den Gruppen im Hinblick auf die Sprunghöhe. Beim Leg-press Krafttest sah man eine signifikante Verbesserung beider Gruppen nach 6 und 12 Monaten gegenüber dem Anfangstest, obwohl kein Unterschied zwischen den Gruppen beobachtet wurde.

Funktion: Im Hinblick auf den VISA-Score gab es keinen Unterschied zwischen beiden Gruppen bei der Nachuntersuchung nach 12 Monaten.

Kraft:	Beide Gruppen haben sich im Vergleich zum Anfangstest nach 6 und 12 Monaten signifikant verbessert, jedoch gab es keinen Unterschied zwischen den Gruppen.
--------	--

4.3 Vergleich exzentrisches Training versus Air Heel Brace

Petersen et al. [56] untersuchten den Effekt einer “Air Heel Brace” Schiene im Vergleich zu exzentrischer Belastung und einer Kombination von beidem. Die 100 Probanden waren Freizeitathleten, mit einer chronischen Tendinopathie des Achillessehnenkörpers. Die exzentrische und die kombinierte Gruppe trainierten 7 Tage die Woche, dreimal täglich während 12 Wochen. Sie führten 3 Serien zu 15 Wiederholungen jeweils mit gestrecktem und gebeugtem Bein aus. Während den Übungen durfte ein leichter Schmerz spürbar sein. Die Air Heel Brace Gruppe trug die Schiene tagsüber und absolvierte keine aktive Therapie.

Die Funktion/Funktionsfähigkeit des Fusses wurde anhand des AOFAS gemessen. Während des 12-wöchigen Trainings verbesserten sich die Werte signifikant und hielten auch bei der Nachuntersuchung nach einem Jahr an. Es gab jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gruppen.

Schmerz während den Alltagsaktivitäten, während dem Gehen und während dem Sport, wurde anhand der VAS gemessen. Nach 6 Wochen hatten sich alle 3 Gruppen in Bezug auf den Schmerz während den Alltagsaktivitäten und dem Gehen verbessert. Die besten Resultate zeigte jeweils die Air Heel Brace Gruppe. Nach 12 Wochen verbesserten sich die Resultate wiederum, wobei die exzentrische Gruppe die besten Werte zeigte. Auch nach einem Jahr hielten die Werte an, wobei die kombinierte Gruppe den besten Langzeiteffekt widerspiegelte. Alle Gruppen verbesserten sich signifikant. Es gab jedoch zu keinen Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Beim Schmerz während dem Sport verbesserten sich alle drei Gruppen signifikant nach 6, 12 und 52 Wochen. Auch hier gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Wiederum zeigte die kombinierte Gruppe den besten Langzeiteffekt.

Schmerz:	Petersen et al. zeigten, dass nach einem 12-wöchigen exzentrischen Training eine signifikante Schmerzreduktion stattfand. Diese Schmerzreduktion fand jedoch auch bei den 2 Kontrollgruppen (Air Heel Brace Gruppe sowie bei der Gruppe die beide Formen kombinierte) statt.
----------	--

	Somit gab es zu keinem Zeitpunkt und in keiner der gemessenen Schmerzkategorien (Schmerz während den Alltagsaktivitäten, während dem Gehen und während dem Sport) einen signifikanten Unterschied zwischen den 3 Gruppen.
Funktion:	Petersen et al. stellten eine Verbesserung der Fussfunktion bei allen 3 Gruppen fest. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

4.4 Vergleich exzentrisches Training plus Volleyballtraining versus Volleyballtraining

Visnes et al. [85] untersuchten ob ein 12-wöchiges exzentrisches Trainingsprogramm zusätzlich zum Volleyballtraining einen grösseren Effekt auf Schmerz, Funktion/Funktionsfähigkeit und Kraft hat als Volleyballtraining alleine. Die 31 Teilnehmer waren professionelle Volleyballspieler, die unter Tendinopathie der Patellar- und/oder Quadrizepssehne litten. Die Kontrollgruppe absolvierte ein Volleyballtraining. Die Interventionsgruppe besuchte das Volleyballtraining und führte zusätzlich noch zweimal täglich 3 Serien zu 15 Squats auf einem 25° geneigten Brett durch. Schmerzen während den Übungen wurden toleriert. Zusätzlich wurden in beiden Gruppen Krafttraining und andere Arten von physischem Training durchgeführt. Schmerzen während den exzentrischen Übungen wurden anhand der VAS gemessen. Die Kniefunktion wurde anhand der VISA Skala gemessen. Es gab in beiden Gruppen keine signifikante Verbesserung der Kniefunktion nach 12, 18 und 36 Wochen. Auch der Unterschied zwischen den Gruppen war zu keinem Zeitpunkt signifikant. Der Global Knee Function Score wurde benutzt um Schmerz und Funktion des Knies ausfindig zu machen. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Die Sprungkraft wurde als Kraftmessung getestet. Im beidseitigen Counter Movement Jump war die Interventionsgruppe nach 12 Wochen signifikant höher als die Kontrollgruppe ($P=0.046$). In den Squat Jumps gab es jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

Schmerz:	Es gab keinen signifikanten Unterschied der Schmerzmittelkonsumation zwischen beiden Gruppen.
----------	---

Funktion:	Die Kniefunktion wurde bei Visnes et al. anhand des VISA Scores gemessen. Es gab weder eine signifikante Verbesserung von beiden Gruppen, noch einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen nach dem 12-wöchigen Training und den Nachuntersuchungen nach 18 und 36 Wochen.
Kraft:	Bei den Counter Mouvement Jumps war die exzentrische Gruppe signifikant besser als die Volleyballgruppe. In den Squat Jumps gab es jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

4.5 Vergleich exzentrisches Training versus konzentrisches Training

Schmerz

Drei Studien untersuchten den Effekt von konzentrischem und exzentrischem Training im Bezug auf Schmerz. Zwei dieser Studien konnten statistisch gepoolt werden. Die Studien von **Jonsson und Alfredson** [31] 2005 und **Martinez-Silvestrini et al.** [44] 2005, mit einem Total von 65 Patienten, haben den Schmerz anhand der VAS und NRS gemessen. Martinez-Silvestrini et al. untersuchten Patienten mit lateraler Epicondylitis während Jonsson und Alfredson Patellartendinopathien begutachteten. Bei der Studie von Jonsson und Alfredson wurde während 12 Wochen auf einem 25° geneigten Brett zweimal täglich, 7 Tage die Woche, 3x15 Wiederholungen exzentrischer Übungen durchgeführt. Ein moderater Schmerz während dem Training war erwünscht. Nach der Behandlung wurden die Schmerzen in den exzentrischen Gruppen stärker vermindert als in der konzentrischen Gruppe. Die gepoolte Differenz der Mittelwerte (MD) lag bei -0.90 [-2.10, 0.31] 95% CI und favorisierte die exzentrische Gruppe. Jedoch war das Resultat statistisch nicht signifikant ($p=0.14$). Die Heterogenität lag bei $I^2 = 61\%$, was einen substantiellen Unterschied zwischen den Studien aufzeigt. In den 2 Studien war der Zeitpunkt der Messungen unterschiedlich. Bei Martinez-Silvestrini et al. wurde die Messung nach 6 Wochen und bei Jonsson und Alfredson nach 12 Wochen durchgeführt. Zudem hatten alle Patienten der Martinez-Silvestrini et al. Studie zusätzlich zum Krafttraining noch Dehnungsübungen.

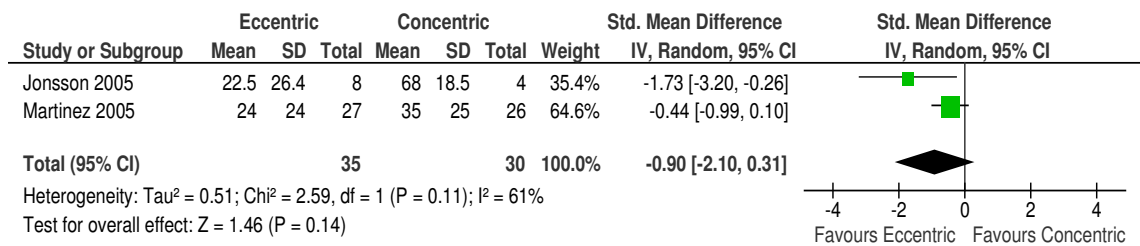


Abb. 4: Forest plot of comparison: 1 Concentric vs. Eccentric, outcome: 1.1 Pain

Mafi et al. [41] untersuchten an 44 Patienten mit chronischer Achillessehnenentzündung den Effekt von einem 12-wöchigen Training in Bezug auf Bewegungsschmerz. Die exzentrische Gruppe (n=22) absolvierte zweimal täglich 3 Serien zu 15 Wiederholungen von 2 verschiedenen Übungen. Der Vorfuß wurde auf eine Stufe gestellt, so dass die Ferse absinken konnte. Dies zunächst mit gestrecktem und dann mit gebeugtem Knie. Ein ständiger Schmerz sollte vorhanden sein. Die konzentrische Gruppe (n=22) absolvierte in den ersten 2 Wochen täglich 2-3 Serien zu 20 Wiederholungen im Langsitz und eine im Sitzen. Bei der ersten Übung wurde eine Plantarflexion mit gestrecktem Knie durchgeführt, bei der zweiten Übung mit gebeugtem Knie. Während den Wochen 3-5 wurden die Übungen im Stehen, auf flachem Untergrund, mit gestrecktem Knie durchgeführt (3x15). Zusätzlich wurden noch Step-ups mit gebeugtem Knie gemacht (3x1 min.). In den Wochen 6-12 wurden ausserdem noch 3-4 Minuten Seil gesprungen und 3x20 Wiederholungen seitliche Sprünge durchgeführt. Beide Gruppen durften Joggen und Laufen, falls kein oder wenig Schmerz spürbar war. Die Schmerzmessung wurde am Anfang und am Schluss der 12 Wochen vorgenommen. Nach 12 Wochen erzielte die exzentrische Gruppe signifikant bessere Resultate als die konzentrische Gruppe in Bezug auf Belastungsschmerz.

Schmerz: Nach 6 Wochen hatte die exzentrische Gruppe bei Martinez-Silvestrini et al. weniger Schmerzen als die konzentrische Gruppe. Der Unterschied war jedoch nicht signifikant. Nach 12 Wochen verbesserten sich die exzentrischen Gruppen sowohl in der Studie von Mafi et al. als auch in der Studie von Jonsson und Alfredson signifikant gegenüber den konzentrischen Gruppen nach 12 Wochen.

Funktion:	Nach 12 Wochen wies die exzentrische Gruppe von Jonsson und Alfredson ein signifikant besseres Resultat im VISA Score auf als die konzentrische Gruppe.
-----------	---

4.6 Vergleich exzentrisches Training versus Ultraschall

Die Studie von **Chester et al.** [12] befasste sich mit chronischer Tendinopathie des Achillessehnenkörpers und stellte dem exzentrischen Training die Ultraschalltherapie gegenüber. 16 Patienten mit einem bewegungsarmen Lebensstil nahmen an der Studie teil. Die exzentrische Gruppe führte einmal täglich, 7 Tage die Woche, 3 mal 15 Wiederholungen während 12 Wochen durch. Leichter Schmerz war erwünscht. Nach 2, 4, 6 und 12 Wochen gab es ein Feedback der Teilnehmer. Bei der Ultraschallgruppe wurde zweimal wöchentlich mit dem 3 MHz Kopf 0.5 w/ cm², pulsierender Strom für 2min/cm² auf den schmerzhaften Bereich angewandt. 6 Wochen lang wurde diese Therapie durchgeführt ohne eine zusätzliche Therapie. Es gab einige Unterschiede zwischen den Gruppen von Beginn an. Als primäres Messinstrument wurde die VAS gewählt, um den Schmerz in Ruhe, im Gehen und im Freizeitsport zu evaluieren. Um die Funktionsfähigkeit der unteren Extremität zu messen, wurde der FILLA gemessen. Die Funktionsfähigkeit der US Gruppe verbesserte sich stets bis zur 12. Woche. Bei der exzentrischen Gruppe wurde in der 2. und der 12. Woche eine Abnahme der Funktionsfähigkeit beobachtet. Nach 6 Wochen gab es eine Verbesserung (nicht signifikant) des durchschnittlichen Schmerzes in Ruhe, während dem Gehen und während dem Sport in beiden Gruppen. Nach 12 Wochen gab es bei beiden Gruppen eine Verschlechterung des durchschnittlichen Schmerzes in Ruhe, während dem Gehen und während dem Sport (Ausnahme: die exzentrische Gruppe verbesserte sich in der 12. Woche beim Schmerz in Ruhe). Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen in den Wochen 2, 4, 6 und 12. Das Resultat zeigt, dass es statistisch gesehen, bei den relativ bewegungsarmen Teilnehmern, keinen signifikanten Unterschied zwischen dem exzentrischen Training und der Ultraschalltherapie beim Management von chronischem Achillessehnen Schmerz gibt.

Schmerz:	Während den ersten 6 Wochen gab es eine Verbesserung im Bezug auf Schmerz in beiden Gruppen. Nach 12 Wochen verschlechterten sich die Werte beider Gruppen, ausser dem durchschnittlichen Schmerz der
----------	---

Funktion:	exzentrischen Gruppe in Ruhe. Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen in den Wochen 2, 4, 6 und 12. Die Funktionsfähigkeit der US Gruppe verbesserte sich stets bis zur 12. Woche. Bei der exzentrischen Gruppe wurde in der 2. und der 12. Woche eine Abnahme der Funktionsfähigkeit beobachtet.
-----------	---

4.7 Vergleich exzentrisches Training versus Ultraschall versus Deep Transvers Friction

Die Studie von **Stasinopoulos und Stasinopoulos** [76] verglich den Kurz- und Mittelzeiteffekt von exzentrischem Training, Ultraschall und Querfriktionen beim Management von chronischen Tendinopathien der Patellarsehne. Jede Gruppe bestand aus 10 Patienten. Die erste Gruppe erhielt ein exzentrisches Training mit statischem Dehnen vor und nach dem Training (während 4 Wochen, 3 x 15 langsame, belastungssteigernde Wiederholungen unilateraler Squats mit 2 Minuten Pause nach jeder Serie. Moderater Schmerz wurde toleriert). Die Ultraschallgruppe erhielt 10 Minuten Ultraschall (US). Die dritte Gruppe erhielt während 10 Minuten Querfriktionen (DTF) direkt auf die Patellarsehne. Nach 4 Wochen wurden die Resultate evaluiert und eine Nachuntersuchung einen Monat sowie drei Monate nach Abschluss der Therapien durchgeführt. Für das Outcome Schmerz wurden zwei Kategorien gebildet. Die erste Kategorie enthielt jene, die schlechter, unverändert oder etwas besser waren. Die zweite Kategorie enthielt die, welche viel besser waren oder keinen Schmerz mehr verspürten. Nach vier Wochen Therapie fühlten sich 80% der exzentrischen Gruppe besser oder gar schmerzfrei, während sich nur 10% der US Gruppe und 20% der DTF Gruppe viel besser oder schmerzlos fühlten. Nach einem Monat hatte sich der Zustand von 100% der exzentrischen Gruppe stark verbessert oder sie hatten gar keinen Schmerz mehr. Der Zustand aller Patienten der US Gruppe hatte sich verschlechtert und die DTF Gruppe blieb unverändert. Die Ergebnisse nach drei Monaten waren identisch zu denen nach einem Monat.

Schmerz:	Das exzentrische Training war statistisch gesehen, signifikant besser als die beiden anderen Therapiemöglichkeiten, sowohl nach den vier Wochen Therapie, als auch in den Nachuntersuchungen nach 1 sowie 3 Monaten.
----------	--

4.8 Vergleich exzentrisches Training versus Ultraschall plus Deep Friction Massage

Die Studie von **Herrington und McCulloch** [23] hatte zum Ziel, zwei unterschiedliche Therapieformen für chronische Tendinopathien des Achillessehnenkörpers miteinander zu vergleichen und den Kurzzeiteffekt ausfindig zu machen. Als Outcomemessung wurde die VISA-A Skala verwendet, welche vor Beginn der Studie und in der 4., 8. und 12. Woche, die Funktion/Funktionsfähigkeit reevaluierte. Beide Gruppen erhielten während 6 Wochen, einmal wöchentlich, 15 Minuten DFM und zusätzlich 5 Minuten kontinuierlichen Ultraschall auf die schmerzvollste Stelle und führten ein Dehnungsprogramm für den M. Gastrocnemius und M. Soleus im Stehen aus. Das Dehnprogramm musste selbstständig während 12 Wochen ausgeführt werden. Die erste Gruppe erhielt zusätzlich exzentrisches Training (12 Wochen lang, 7 Tage die Woche, zweimal täglich, 3x15 Wiederholungen. Leichter Schmerz wurde toleriert). Bei den Resultaten unterschieden die Autoren zwischen Zeiteffekt und Therapieeffekt. Beim Zeiteffekt zeigten alle Teilnehmer einen signifikanten Anstieg in der VISA-A Skala über 12 Wochen ($F=55.26$, $p=0.0001$). Beim Therapieeffekt hatte die exzentrische Gruppe über 12 Wochen einen signifikant höheren VISA-A Wert als die Kontrollgruppe ($F= 5.21$, $p=0.014$). Auch beim Haupteffekt der Therapieformen (exzentrisch oder DFM/US) gab es einen signifikanten Unterschied ($F=7.57$, $p=0.022$). Neun Teilnehmer aus der exzentrischen Gruppe erreichten den Höchstwert von 100 auf der VISA-A Skala, während der maximale Wert der Kontrollgruppe bei 84 Punkten war. Die exzentrische Gruppe zeigte allgemein einen höheren durchschnittlichen Anstieg des VISA-A Wertes. Nur 2 von 8 Teilnehmern aus der exzentrischen Gruppe konnten nicht zu ihren gewohnten Aktivitäten zurückkehren. Bei der Kontrollgruppe konnte niemand zu den früheren Aktivitäten zurückkehren.

Funktion: Alle Teilnehmer hatten sich während 12 Wochen beim Zeiteffekt signifikant verbessert ($p=0.001$). Beim Therapieeffekt einer 12-wöchigen Behandlung hatte die exzentrische Gruppe über 12 Wochen einen signifikant höheren VISA-A Wert als die Kontrollgruppe. Keiner in der Kontrollgruppe konnte in seine sportliche Aktivität zurückkehren, während in der exzentrischen Gruppe 8 Teilnehmer zurückfanden.

Exzentrisches Krafttraining versus Ultraschall

Schmerz	Bei Stasinopoulos und Stasinopoulos fühlten sich nach Abschluss der Therapieserie 20% der exzentrischen Gruppe schlechter, unverändert oder etwas besser und 80% besser oder schmerzfrei. Bei den Nachuntersuchungen nach 8, sowie nach 16 Wochen waren 100% schmerzfrei. Somit war die exzentrische Trainingsgruppe statistisch gesehen, signifikant besser als die Kontrollgruppe. In der Studie von Chester et al. gab es zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen.
Funktion	Bei der Studie von Chester et al. verbesserte sich die Funktionsfähigkeit der US Gruppe stets bis zur 12. Woche. Bei der exzentrischen Gruppe wurde in der 2. und der 12. Woche eine Abnahme der Funktionsfähigkeit beobachtet. Bei Herrington und McCulloch zeigte die exzentrische Gruppe über 12 Wochen einen signifikant höheren VISA-A Wert als die Kontrollgruppe. Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

4.9 Vergleich exzentrisches Training versus Kryotherapie

Schmerz

Die Studie von **Knobloch et al.** [36] untersuchte an 20 Patienten mit chronischer Achillestendinopathie den Effekt von exzentrischem Training im Vergleich zu Kryotherapie in Bezug auf Schmerz. Es wurden Patienten sowohl mit Insertionstendinopathien als auch mit Tendinopathien des Sehnenkörpers eingeschlossen. Die 3x15 langsamen, exzentrischen Übungen sollten während 12 Wochen, einmal täglich, mit einem leichten Schmerzempfinden durchgeführt werden. Die Patienten der exzentrischen Gruppe hatten nach 12 Wochen Behandlung weniger Schmerzen als die Kontrollgruppe (Eisapplikation). Die Differenz der Mittelwerte (MD) betrug -1.67 [-2.83, -0.50] 95% CI. Der Effekt ist statistisch signifikant ($p=0.005$).

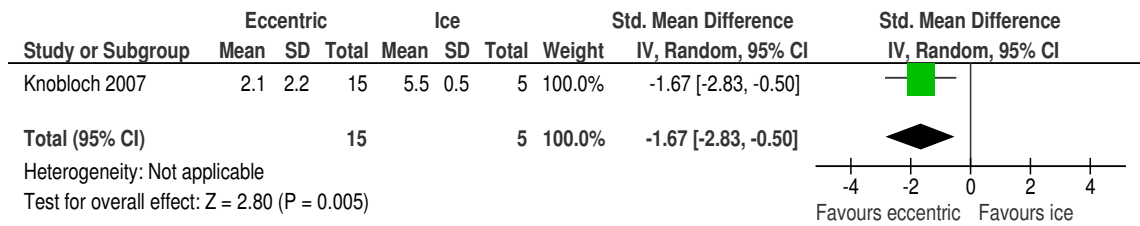


Abb. 5: Forest plot of comparison: 4 Eccentric vs. Cryotherapy, outcome: 4.1 Pain

Schmerz: Der Unterschied des Schmerzlevels zwischen beiden Gruppen war anfangs verschieden, jedoch nicht signifikant. Nach 12 Wochen hatte die exzentrische Gruppe im Bezug auf die VAS eine Schmerzreduktion von 48%, die Kontrollgruppe von 31%. Nach 12 Wochen gab es somit einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

4.10 Vergleich exzentrisches Training versus Stosswellentherapie

Zwei Studien (**Rompe et al.** 2007 [62], **Rompe et al.** 2008 [61]), mit einem Total von 100 Patienten, untersuchten während 12 Wochen den Effekt von exzentrischem Training im Vergleich zu einer Stosswellentherapie in Bezug auf Schmerz, Druckschmerz, Funktion/Funktionsfähigkeit und allgemeine Genesung. In der Studie vom Jahr 2007 wurden Patienten mit Tendinopathien des Achillessehnenkörpers untersucht, während sich die Studie vom Jahr 2008 mit Insertionstendinopathien der Achillessehne befasste. In beiden Studien sollten die exzentrischen Übungen während 12 Wochen, zweimal täglich, 7 Tage die Woche mit leichtem bis moderatem Schmerz durchgeführt werden. Am ersten Tag sollten 1x10 Wiederholungen ausgeübt werden. Bis zum 7. Tag wurde eine Progression bis 3x15 Wiederholungen, mit 1 Minute Pause zwischen den Serien durchgeführt.

Schmerz

Die Patienten der Stosswellengruppe hatten weniger Schmerzen tagsüber als die Interventionsgruppe. Die gepoolte Differenz der Mittelwerte (MD) betrug 0.34 [-0.67, 1.35] 95% CI. Der Effekt ist statistisch nicht signifikant ($p=0.51$). Die Heterogenität lag bei $I^2 = 84\%$, was einen konsiderablen Unterschied zwischen den Studien zeigt.

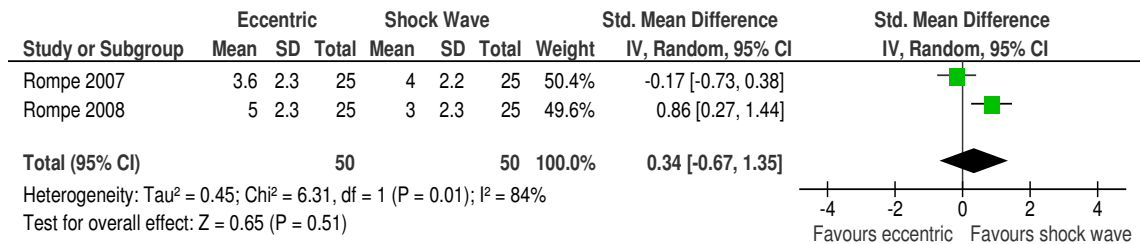


Abb. 6: Forest plot of comparison: 3 Eccentric vs. Shock Wave, outcome: 3.3 Pain (NRS)

Druckschmerz (kg)

Die Patienten der Kontrollgruppe (Stosswelle) konnten mehr Druck ertragen bis der erste Schmerz auftrat als die Interventionsgruppe (exzentrisch). Die gepoolte Differenz der Mittelwerte (MD) betrug -0.32 [-1.52, 0.89] 95% CI. Der Effekt ist statistisch nicht signifikant ($p=0.61$). Die Heterogenität lag bei $I^2 = 89\%$. Die Studien weisen folglich einen konsiderablen Unterschied auf.

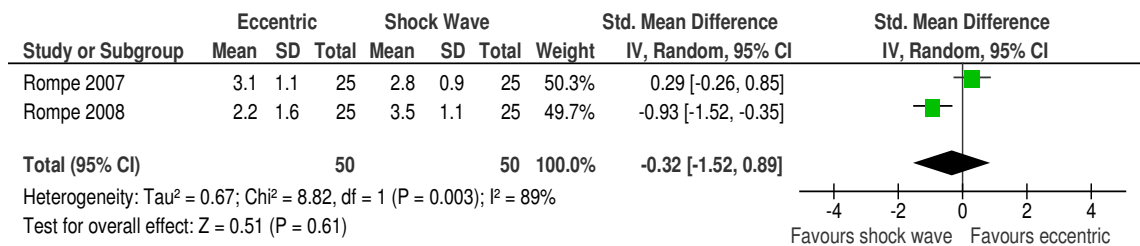


Abb. 7: Forest plot of comparison: 3 Eccentric vs. Shock Wave, outcome: 3.1 Pain threshold

Funktion (VISA-A)

Die Patienten der Stosswellengruppe hatten eine bessere Funktion/Funktionsfähigkeit nach 12 Wochen als die Interventionsgruppe. Die gepoolte Differenz der Mittelwerte (MD) betrug -0.55 [-2.21, 1.11] 95% CI. Der Effekt ist statistisch nicht signifikant ($p=0.52$). Die Heterogenität lag bei $I^2 = 94\%$, und stellt somit einen konsiderablen Unterschied zwischen den Studien dar.

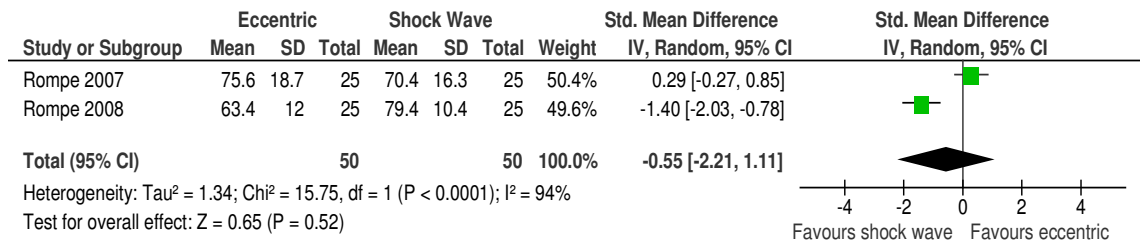


Abb. 8: Forest plot of comparison: 3 Eccentric vs. Shock Wave, outcome: 3.2 Function (VISA-A)

General assessment (Likert Scale)

Die Patienten der Kontrollgruppe wiesen eine subjektiv bessere Genesung auf als die Interventionsgruppe. Die gepoolte Differenz der Mittelwerte (MD) betrug 0.22 [-0.47, 0.91] 95% CI. Der Effekt ist statistisch nicht signifikant ($p=0.54$). Die Heterogenität lag bei $I^2 = 67\%$, was einen substantiellen Unterschied zwischen den Studien zeigt.

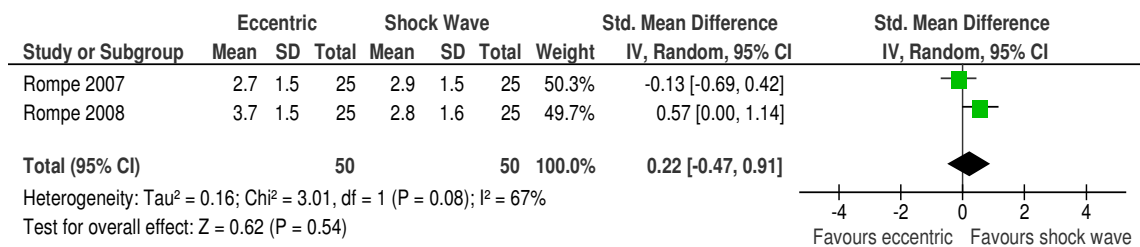


Abb. 9: Forest plot of comparison: 3 Eccentric vs. Shock Wave, outcome: 3.4 Function (Likert scale)

Schmerz:	Die Patienten der exzentrischen Gruppe hatten nach 12 Wochen mehr Schmerzen tagsüber als die Stosswellengruppe. Zudem war die Schmerzreaktion bei Druck schneller hervorrufbar in der exzentrischen Gruppe. Der Unterschied war jedoch bei beiden Schmerzmessungen nicht signifikant.
Funktion:	Nach 12 Wochen wies die Stosswellengruppe eine bessere Funktion/Funktionsfähigkeit im VISA-A Score und auf der Likert Skala auf als die exzentrische Gruppe. Der Unterschied ist auch hier nicht signifikant.

5. Diskussion

Wir haben in unserer systematischen Literaturübersicht den Effekt von exzentrischem Training im Vergleich zu anderen Therapieformen bei chronischen Tendinopathien untersucht. Insgesamt schlossen wir 15 Studien ein, welche sich mit dieser Problematik befassten. Im folgenden Abschnitt diskutieren wir unsere Resultate.

Von den eingeschlossenen 15 Studien befassten sich 8 mit Achillessehnen. Bei diesen 8 Studien beschränkten sich 5 auf Probleme des Sehnenkörpers, eine auf Insertionstendinopathie, eine auf beide Formen der Tendinopathie und eine Studie gab keine näheren Angaben an. Bei 3 der 8 Studien erzielte die exzentrische Gruppe signifikant bessere Resultate als die Kontrollgruppe (2 über Sehnenkörperproblematiken (Herrington und McCulloch [23], Mafi et al. [41]) und die Studie mit der gemischten Form (Knobloch et al. [36])). Unsere Resultate stimmten mit der Erkenntnis von Rees et al. [59] überein, die aussagten, dass exzentrisches Training bei Insertionstendinopathien der Achillessehne, im Gegensatz zur Tendinopathie des Sehnenkörpers, eine ungenügende Wirkung zeigte. Beim Analysieren der Studie von Rompe et al. 2007 [62], welche Tendinopathien des Sehnenkörpers behandelte, stellten wir fest, dass die exzentrische Gruppe in allen Outcomes die besten Resultate erzielte. Bei der Studie Rompe et al. 2008 [61] hingegen, welche sich mit Insertionstendinopathien befasste, erlangte die Stosswellengruppe die besten Resultate. Da nur eine Studie mit Insertionstendinopathie unseren Einschlusskriterien entsprach, denken wir, dass es zu wenige qualitativ hochstehende Studien über Insertionstendinopathien gibt, um relevante Effekte des exzentrischen Trainings zu finden.

Fünf Studien untersuchten die Patellartendinopathie. Bei 3 von diesen 5 Studien erzielte die exzentrische Gruppe signifikant bessere Resultate als die Kontrollgruppe (Jonsson und Alfredson [31], Stasinopoulos und Stasinopoulos [76], Visnes et al. [85]). In den beiden Studien mit nichtsignifikanten Resultaten [10, 29] gab es leichte Vorteile für die exzentrische Gruppe.

Bei den 2 Studien, welche laterale Epicondylitis untersucht haben, gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Behandlungsgruppen. Somit scheint exzentrische Belastung bei Tendinopathien der oberen Extremität keinen Effekt aufzuweisen. Stanish et al. [74] erklärten in ihrem Modell, dass Tendinopathien

ursächlich behandelt werden sollten, um die Belastbarkeit der Sehne zu steigern. Da im Alltag die Sehnen der unteren Extremität stärkerer exzentrischer Belastungen ausgesetzt sind, ist das exzentrische Training eher bei Achilles- und Patellartendinopathien anwendbar. Um Tendinopathien der oberen Extremität ursächlich zu behandeln, bräuchte es eine genaue Analyse des Verletzungsmechanismus und ein angepasstes Behandlungsprotokoll.

In 6 Studien waren die exzentrischen Gruppen in mindestens einem Outcome signifikant besser als die Kontrollgruppen. Davon untersuchten 3 Studien Patellartendinopathien und 3 Studien Achillestendinopathien. Da in 8 Studien Achillestendinopathien behandelt wurden, und 3 davon signifikante Resultate aufwiesen, ergab sich eine Erfolgsquote des exzentrischen Trainings von 37.5%. Fünf Studien untersuchten Patellartendinopathien, wovon 3 signifikante Resultate zeigten. Dies ergab eine Erfolgsquote des exzentrischen Trainings von 60%. Wir denken, dass dies mit der Biomechanik des Fusses zu tun haben könnte. Der Fuss umfasst mehrere Gelenke und unterliegt somit einem komplexeren Aufbau, was zu grösseren Ausweichbewegungen während der Ausführung von exzentrischem Training führen könnte.

In den 6 Studien mit signifikanten Ergebnissen der exzentrischen Gruppe, verbesserte sich diese gegenüber der Kontrollgruppe in vieren signifikant beim Outcome Schmerz. Die Kraft und die Funktion/Funktionsfähigkeit wurden in je einer Studie signifikant verbessert. Daraus entnehmen wir, dass die exzentrische Belastung auf die Schmerzregulation wirken könnte. Wie im theoretischen Hintergrund bereits erwähnt, könnte das exzentrische Training den pathologisch gesteigerten Blutfluss in betroffenen Sehnen minimieren und die pathologisch neu gebildeten Gefässe abbauen, was nach Alfredson et al. für die Schmerzreduktion verantwortlich sein könnte [1].

Obwohl nur in 6 Studien die exzentrische Gruppe statistisch signifikant bessere Resultate aufwies als die Kontrollgruppe, ist festzuhalten, dass sich in allen Studien die exzentrische Gruppe, wenn auch nicht immer signifikant, jedoch klinisch relevant im Verlaufe der Therapie (Vergleich innerhalb der Gruppe über die Zeit) verbessert hatte. In keiner Studie haben sich die Patienten der exzentrischen Gruppen verschlechtert. Bloss in der Studie von Rompe et al. 2008 [61] zeigte die Gruppe mit

Stosswellentherapie in allen Outcomes signifikant bessere Resultate als die Interventionsgruppe.

Aufgrund aller Ergebnisse sind wir uns einig, dass wir die exzentrische Belastung als Therapieform bei chronischen Tendinopathien der oberen und der unteren Extremität anwenden würden. Unser Ziel ist es, den Patienten nicht nur passive Therapiemöglichkeiten zur Verfügung zu stellen, sondern sie zu aktivieren. Das exzentrische Training setzt eine gute Patientencompliance voraus, jedoch kann der Patient seine Gesundheit selbst in die Hand nehmen und dieses Protokoll selbstständig durchführen. Da unsere heutige Gesellschaft zu einem sitzenden Lebensstil tendiert und dies die Tendinopathie favorisiert [32], möchten wir die aktive Therapiemöglichkeit fördern. Ausserdem ist diese Therapieform kostengünstig. Die Kombination mit passiven Behandlungsmöglichkeiten wird natürlich nicht ausgeschlossen. Jeder Physiotherapeut soll nach seinem Erwägen passive Techniken, wie Stosswellentherapie zusätzlich zum exzentrischen Training anwenden, da in der Studie von Rompe et al. 2008 dessen positive Wirkung ebenfalls festgestellt wurde [61].

Weitere Studien sind erforderlich, um ein ideales Protokoll für jede Sehne zu entwickeln. Tendinopathien, ebenso wie auch der Wirkungsmechanismus von exzentrischer Belastung auf die Sehne sind bis jetzt noch nicht vollumfänglich erforscht, wodurch die Aufgabe ein ideales Therapieprotokoll zu erstellen, natürlich erschwert wird.

5.1 Stärken dieser systematischen Literaturübersicht

Unsere systematische Literaturübersicht wurde nach der Struktur der Cochrane Guidelines erstellt. Dies ermöglicht anderen Personen, die Literaturübersicht zu wiederholen.

Die Thematik ist im physiotherapeutischen Alltag von grossem Interesse und über die beste Therapieform bei chronischen Tendinopathien wird aktuell immer wieder in Zeitschriften sowie Referaten diskutiert.

In unserer Literaturübersicht befassen wir uns stark mit dem Wirkungsmechanismus der exzentrischen Belastung auf die Sehne, was uns von den bisherigen Reviews unterscheidet. Eine weitere Stärke dieser systematischen Literaturübersicht ist, dass ausschliesslich RCT`s eingeschlossen wurden.

5.2 Schwächen dieser systematischen Literaturübersicht

Die meisten Suchmaschinen suchen die Wörter nur im Titel oder im Abstract. Da wir als Intervention „eccentric“ eingegeben haben, wurde dieser Begriff nur dort gesucht. Mit dieser Suchstrategie fanden wir folglich nur Studien, die das exzentrische Training als Hauptintervention hatten. Es hätte eventuell Studien gegeben, in denen die Interventionsgruppe eine andere Therapie ausführte und die Kontrollgruppe exzentrisches Training absolvierte. Diese Studien haben wir durch die gewählte Suchstrategie eventuell verloren.

In unserer systematischen Literaturübersicht haben wir nur Studien eingeschlossen, die bereits publiziert waren. Einige Autoren publizieren ihre Studien oft nur dann, wenn das Resultat mit ihrer Hypothese übereinstimmt. Somit könnte unsere systematische Literaturübersicht in eine bestimmte Richtung geleitet werden und wäre verfälscht. Die methodologische Qualität der Studien war mittelmässig (PEDro 3-8). Wir wollten eine Sensitivitätsanalyse durchführen, zur Überprüfung ob die methodologische Qualität der Studien einen Einfluss auf das Resultat der systematischen Literaturübersicht hat. Schlussendlich haben wir uns gegen eine Sensitivitätsanalyse entschieden, da die meisten Studien statistisch nicht vergleichbar waren, was die Analyse erschwerte hätte.

Ein weiteres sehr grosses Problem stellte die Heterogenität der Studien dar. Es gibt kein evidenz-basiertes exzentrisches Training und somit waren in den Studien die Art der exzentrischen Übungen, die Dauer und Intensität der Behandlung und das gesamte Behandlungsvolumen (Häufigkeit der Behandlungen in Bezug auf die Dauer) anders. Zudem befassten sich viele Studien mit anderen Outcomes oder benutzten andere Messinstrumente. Bei einigen Studien führte die exzentrische Gruppe noch zusätzlich Dehnübungen durch (Jensen und Di Fabio [29], Svernlöv und Adolfsson [80], Martinez-Silvestrini et al. [44], Stasinopoulos und Stasinopoulos [76], Herrington und McCulloch [23]), was die statistische Analyse zusätzlich erschwerte.

Obwohl wir im Kapitel 2.4 Chronische Tendinopathie die Begriffe Tendinopathie, Tendinose, Tendinitis definiert und beschrieben haben, sind diese Begriffe in der Literatur oftmals umstritten und unklar. Häufig werden die Begriffe verwechselt oder nicht genau differenziert. Einige Autoren vermerken, dass bis heute noch unklar ist, was genau eine chronische Tendinopathie ist. Da dieser Themenbereich schwammig und unübersichtlich ist, war es für uns schwierig eine systematische Literaturübersicht zu

diesem Thema zu verfassen. Es ist schwierig über ein Thema zu berichten, wenn nicht genau klar ist, was dieses Thema überhaupt beinhaltet.

In unserer systematischen Literaturübersicht haben wir sowohl Insertionstendinopathien als auch Tendinopathien des Sehnenkörpers eingeschlossen, obwohl in der Literatur berichtet wird, dass nicht beide Arten von Tendinopathien gleich auf exzentrische Belastung reagieren [59]. Dies könnte die Resultate unserer systematischen Literaturübersicht verfälscht haben.

Wir haben Tendinopathien der oberen und unteren Extremitäten eingeschlossen, obwohl diese anderen Belastungen ausgesetzt sind. Die Theorie von Stanish et al. [74], dass eine Sehne mit demselben Mechanismus trainiert werden sollte, wie sie verletzt wurde, galt für die untere Extremität. Da diese hauptsächlich bei bremsenden Arbeiten verletzt wird, sollte sie auch mit exzentrischer Belastung trainiert werden, um auf die nächste Bremsarbeit vorbereitet zu sein (z.B.: Sprung).

5.3 Vergleich mit der Literatur

Frank Meier untersuchte in einer systematischen Literaturübersicht im Jahre 2009 das exzentrische Training bei chronischen Tendinopathien der unteren Extremität und stellte fest, dass RCT's mit guter Qualität (PEDro 6 und mehr) und statistisch signifikanten Resultaten fehlen [18]. Bei den qualitativ schlechten Studien waren die Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen gross, bei den qualitativ guten Studien eher klein und meist statistisch nicht signifikant. Positiv ist, dass die neuen RCT's im Vergleich zu älteren Studien bessere Qualität aufweisen. Frank Meier kommt zur Schlussfolgerung, dass sich exzentrisches Training an der unteren Extremität positiv auf die Patientenzufriedenheit und die Rückkehr zum Sport auswirkt. Bei Schmerz und Funktion/Funktionsfähigkeit ist der Effekt moderat. Da jedoch meistens die Nachuntersuchung (1 Jahr) fehlt, können keine Aussagen zu langfristigen Verbesserungen gemacht werden.

Im Gegensatz zu unserer systematischen Literaturübersicht beschränkte Frank Meier sich in ihrer Suche auf die Patellar- und Achillessehne und schloss systematische Literaturübersichten und RCT's ein, welche Schmerz oder Funktion/Funktionsfähigkeit als Outcome hatten. Sie schloss Studien ein, die von 2007 bis Januar 2008 erschienen

(die älteren Studien sind bereits in den eingeschlossenen Reviews erwähnt). Frank Meier schloss 14 Studien ein, welche wir ausgeschlossen haben (Ausschlussgrund: nicht chronisch, beide Gruppen haben exzentrisches Training, auch exzentrische Gruppe macht konzentrisches Training, keine RCT, in italienischer Sprache verfasst). Die Studie von Chester et al. 2007 [12], Herrington und McCulloch 2007 [23] und Knobloch 2007 [36] hat sie, im Gegensatz zu uns, nicht eingeschlossen. Unsere systematische Literaturübersicht zeigt, dass auch einige qualitativ gute Studien einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen aufweisen (Herrington 2007 [23], Knobloch et al. 2007 [36], Mafi et al. 2001 [41], Visnes et al. 2005) [85]. Die signifikanten Resultate sind vor allem beim Outcome Schmerz zu finden. Die Patientenzufriedenheit und die Rückkehr zum Sport als Outcome wurden von uns nicht untersucht.

Andres und Murrell kamen 2008 in ihrer Review zum Schluss, dass es einen Mangel an guten Studien gibt [8]. Dies verhindert den guten Effekt von exzentrischem Training zu veranschaulichen. Jedoch haben sie die methodologische Qualität der Studien nicht getestet und schlossen Pilotstudien, Tierstudien und Reviews ein. Die Dosis und Dauer der Behandlung, die Länge der Nachuntersuchungen, die Stärke und die Länge der Symptome variierten von einer Studie zur anderen. Sie redeten von einer Zukunft mit Wachstumsförderer und Stammzellentherapie, um den degenerativen Prozess der Sehne zu behandeln. Bis dahin empfehlen sie die traditionellen Methoden, wie kurze NSAID-Therapie und anschliessend exzentrisches Training. Wobei zu erwähnen ist, dass diese Review auch akute Tendinopathien einschliesst. Die Therapievorschlüsse unserer systematischen Literaturübersicht können nicht mit denen von Andres und Murrell verglichen werden, da wir uns nur auf chronische Tendinopathien konzentrierten. NSAID scheinen bei chronischen Tendinopathien keinen Effekt zu erzielen, da keine, oder nur eine minimale Entzündung besteht [7]. Andres und Murrell haben 13 Studien eingeschlossen, welche wir ausgeschlossen haben (Ausschlussgrund: keine RCT, keine Tendinopathie, nicht chronisch, beide Gruppen haben exzentrisches Training, exzentrisches Training nur als Co-Intervention, in italienischer Sprache verfasst). Die Studien Chester et al. 2007 [12], Herrington und McCulloch 2007 [23], Jensen und Di Fabio 1989 [29], Stasinopoulos und Stasinopoulos 2004 [76] und Svernlöv Adolffson 2001 [80], welche wir einschlossen, wurden in der Review von Andres und Murrell nicht eingeschlossen.

Malliaras et al. wollten mit ihrer Review 2008 über die Behandlung von lateraler Epicondylitis mit exzentrischem Training informieren [43]. Er schloss 4 Studien ein, bei welchen es sich um akute und chronische Tendinopathien handelte. 2 Studien (Svernlöv und Adolfsson 2001 [80], Croisier et al. 2007 [14]) wandten das exzentrische Trainingsmodell „schmerzfrei“ an. In beiden Studien verbesserte sich die exzentrische Gruppe mehr im Vergleich zur anderen Gruppe. Bei Svernlöv und Adolfsson in der subjektiven Schmerzempfindung, bei Croisier et al. in der Schmerzempfindung, der Kraft und Funktionsfähigkeit. Jedoch muss erwähnt werden, dass es sich hier um eine randomisierte Pilotstudie und eine nicht-randomisierte Studie handelt. In den anderen 2 Studien (Martinez-Silvestrini et al. 2005 [44], Stasinopoulos und Stasinopoulos 2006 [75]) war Schmerz während den Übungen erwünscht. Die Studie von Martinez-Silvestrini et al., welches eine RCT ist, zeigte keinen Unterschied zwischen beiden Gruppen. Stasinopoulos und Stasinopoulos, welche eine nicht-randomisierte Studie gemacht haben, beschreiben bessere Resultate in der Interventionsgruppe als in der Kontrollgruppe. Schlussfolgernd ist zu erwähnen, dass exzentrisches Training beim Management von lateraler Epicondylitis vielversprechende Resultate zeigt, obwohl die Literatur begrenzt ist. Über das genaue Behandlungsprotokoll ist man sich noch nicht einig (schmerzfrei, Dauer, Progression etc.), weshalb weitere Studien nötig sind.

Wir sind mit Malliaras et al. einig, dass es weitere Studien benötigt, welche ein präzises Behandlungsprotokoll definieren. Erst dann können die Resultate statistisch verglichen und genauere Schlüsse gezogen werden. Unsere systematische Literaturübersicht zeigt jedoch gute Resultate, welche für das exzentrische Training bei chronischen Tendinopathien sprechen.

5.4 Anregung für die Forschung

Da noch immer unklar ist, was genau unter chronischer Tendinopathie verstanden wird, ist es notwendig, weiterhin Forschung zu betreiben, um mehr über diese Pathologie zu erfahren. Dies wäre erforderlich um die Verwechslung der Begriffe Tendinopathie, Tendinose und Tendinitis zu verhindern.

Bevor man nicht genau erklären kann, was in einer Sehne mit chronischer Tendinopathie geschieht, wird es schwierig sein, zu begreifen, welchen Effekt exzentrisches Training auf die chronische Tendinopathie hat und wie dieser Effekt geschieht. Dazu muss weiterhin erforscht werden, welchen Wirkungsmechanismus die exzentrische Belastung auf die pathologische Sehne hat. Des Weiteren sollten sich Studien mit der Dauer, der Intensität, dem Volumen und der Art der Übungen auseinandersetzen, um eine Vereinheitlichung des exzentrischen Trainings zu erreichen. Für weitere systematische Literaturübersichten wäre es ratsam, sich nur auf eine Sehne zu konzentrieren. Die Vergleiche zwischen verschiedenen Sehnen sind schwierig, da für jede Sehne andere Tests empfohlen werden und somit die Outcomes nur schwer vergleichbar sind. Wir haben in unserer systematischen Literaturübersicht gesehen, dass exzentrische Belastung vor allem auf die Schmerzreduktion einen Einfluss hat und weniger auf die Funktion/Funktionsfähigkeit und die Kraft.

5.5 Relevanz für die Praktiken

Für die Physiotherapeuten ist es gut zu wissen, dass exzentrisches Training bei chronischen Tendinopathien keinen negativen Effekt erzielt. Zu dieser Erkenntnis kommen wir, da in allen Studien die exzentrische Gruppe Fortschritte erzielt hat. Die Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppen waren nicht statistisch signifikant, weshalb wir eine Kombination von passiven und aktiven Therapiemöglichkeiten für eine optimale Behandlung chronischer Tendinopathien empfehlen. Die exzentrische Belastung kann nach Allison und Purdam [4] als ein Dehnen angesehen werden, welches durch individuell angepasstes Kraft- und Ausdauertraining vervollständigt werden sollte.

Um den Physiotherapeuten nützlichere Informationen zur Therapie von chronischen Tendinopathien zu liefern, braucht es weitere Studien, welche ein genaues Behandlungsprotokoll für exzentrisches Training beschreiben.

6. Schlussfolgerung

Tendinopathie ist eine häufige Pathologie die schwierig zu behandeln ist. In unserer systematischen Literaturübersicht, in der wir untersuchten, ob das exzentrische Training die beste Therapiemöglichkeit darstellt, ist es schwierig Schlüsse zu ziehen, da die eingeschlossenen Studien sehr heterogen sind. Die Studien befassten sich mit unterschiedlichen Sehnen, anderen Outcomes, benutzen verschiedene Behandlungsprotokolle (Dauer, Intensität, Volumen, Nachbehandlungen etc.) oder gebrauchten andere Messinstrumente. Bei den meisten Studien fehlten die nötigen statistischen Angaben zur Erstellung einer Metaanalyse.

Trotzdem können wir anhand der aktuellen Studien bestätigen, dass exzentrisches Training eine effektive Behandlungsform zur Therapie von chronischen Tendinopathien der unteren Extremitäten ist. Dies bestätigt unsere Hypothese nur teilweise, welche besagt, dass exzentrisches Training den besten Effekt auf Schmerzintensität, Kraft und Funktion/Funktionsfähigkeit bei chronischen Tendinopathien hat. Bei chronischen Tendinopathien der oberen Extremitäten fehlen zum jetzigen Zeitpunkt qualitativ hochstehende Studien, um die Effektivität des exzentrischen Trainings zu beweisen. Der Mangel an guten Studien heisst aber nicht, dass diese Behandlungsform bei Tendinopathien der oberen Extremität nicht effektiv ist.

Im Vergleich zur konzentrischen Belastung ist das exzentrische Training bei chronischen Tendinopathien wirksamer in Bezug auf Schmerz. Es zeigt sich jedoch kein relevanter Unterschied zur Kontrollbehandlung bei der Verbesserung der Funktion/Funktionsfähigkeit oder der Kraft.

Im Vergleich zur Dehnung ist das exzentrische Training bei chronischen Tendinopathien wirksamer in Bezug auf die Kraft, jedoch nicht zur Schmerzverminderung oder zur Funktionsverbesserung. Bei den anderen Therapiemethoden (Ultraschall, Querfraktionen, Arthroskopie, Kryotherapie, Stosswellentherapie, Schiene, Volleyballtraining) können keine definitiven Aussagen gemacht werden, da die Resultate der Studien nicht einheitlich oder zu wenige Studien mit denselben Interventionen vorhanden sind.

9. Bibliografie

1. Alfredson, H., *The chronic painful Achilles and patellar tendon: research on basic biology and treatment*. Scand J Med Sci Sports, 2005. 15(4): p. 252-9.
2. Alfredson, H., [et al.], *High intratendinous lactate levels in painful chronic Achilles tendinosis. An investigation using microdialysis technique*. J Orthop Res, 2002. 20(5): p. 934-8.
3. Alfredson, H., Thorsen, K., Lorentzon, R., *In situ microdialysis in tendon tissue: high levels of glutamate, but not prostaglandin E2 in chronic Achilles tendon pain*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 1999. 7(6): p. 378-81.
4. Allison, G.T., Purdam, C., *Eccentric loading for Achilles tendinopathy--strengthening or stretching?* Br J Sports Med, 2009. 43(4): p. 276-9.
5. Alvarez, R.G., [et al.], *Stage I and II posterior tibial tendon dysfunction treated by a structured nonoperative management protocol: an orthosis and exercise program*. Foot Ankle Int, 2006. 27(1): p. 2-8.
6. Amiridis, I.G., [et al.], *Concentric and/or eccentric training-induced alterations in shoulder flexor and extensor strength*, Journal-of-Orthopaedic-and-Sports-Physical-Therapy (J-ORTHOP-SPORTS-PHYS-THER) 1997 Jan; 25(1): 26-33 (39 ref).
7. Andres, B.M. and G.A. Murrell, *Treatment of tendinopathy: what works, what does not, and what is on the horizon*. Clin Orthop Relat Res, 2008. 466(7): p. 1539-54.
8. Andres, B.M., Murrell, G. A., *Treatment of tendinopathy: what works, what does not, and what is on the horizon*. Clin Orthop Relat Res, 2008. 466(7): p. 1539-54.
9. Astrom, M., Rausing, A., *Chronic Achilles tendinopathy. A survey of surgical and histopathologic findings*. Clin Orthop Relat Res, 1995(316): p. 151-64.
10. Bahr, R., [et al.], *Surgical treatment compared with eccentric training for patellar tendinopathy (Jumper's Knee). A randomized, controlled trial*. J Bone Joint Surg Am, 2006. 88(8): p. 1689-98.
11. Brooks, R., *EuroQol: the current state of play*. Health Policy, 1996. 37(1): p. 53-72.
12. Chester, R., [et al.], *Eccentric calf muscle training compared with therapeutic ultrasound for chronic Achilles tendon pain--a pilot study*. Man Ther, 2008. 13(6): p. 484-91.
13. Croisier, J., [et al.], *Treatment of recurrent tendinitis by isokinetic eccentric exercises*, Isokinetics-and-Exercise-Science (ISOKINETICS-EXERC-SCI) 2001; 9(2/3): 133-41 (39 ref).
14. Croisier, J.L., [et al.], *An isokinetic eccentric programme for the management of chronic lateral epicondylar tendinopathy*. British journal of sports medicine, 2007. 41(4): p. 269-75.
15. de Vos, R.J., [et al.], *The additional value of a night splint to eccentric exercises in chronic midportion Achilles tendinopathy: a randomised controlled trial*. British journal of sports medicine, 2007. 41(7): p. e5.
16. Farrell, M. and J.G. Richards, *Analysis of the reliability and validity of the kinetic communicator exercise device*. Med Sci Sports Exerc, 1986. 18(1): p. 44-9.
17. Ferraz, M.B., [et al.], *Reliability of pain scales in the assessment of literate and illiterate patients with rheumatoid arthritis*. J Rheumatol, 1990. 17(8): p. 1022-4.

18. Frank Meier, F., *Effektivität von exzentrischem Training bei chronischen Sehnenproblemen an der unteren Extremität. Aktuelle Übersicht der Literatur.* Physioscience, 2009. 6(13): p. 3-13.
19. Fredberg, U., Stengaard-Pedersen, K., *Chronic tendinopathy tissue pathology, pain mechanisms, and etiology with a special focus on inflammation.* Scand J Med Sci Sports, 2008. 18(1): p. 3-15.
20. Friden, J., Lieber, R. L., *Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components.* Acta Physiol Scand, 2001. 171(3): p. 321-6.
21. Frohm, A., [et al.], *Eccentric treatment for patellar tendinopathy: a prospective randomised short-term pilot study of two rehabilitation protocols.* Br J Sports Med, 2007. 41(7): p. e7.
22. Grigg, N.L., Wearing S. C., Smeathers J. E., *Eccentric calf muscle exercise produces a greater acute reduction in Achilles tendon thickness than concentric exercise.* Br J Sports Med, 2008.
23. Herrington, L., McCulloch, R., *The role of eccentric training in the management of Achilles tendinopathy: A pilot study.* physical Therapy in sport, 2007. 8: p. S. 191-196.
24. Higgins, J.P.T., Green, S. *Identifying and measuring heterogeneity.* In: Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. 2008.
25. Horstmann, T., [et al.], *Metabolic reaction after concentric and eccentric endurance-exercise of the knee and ankle.* Med Sci Sports Exerc, 2001. 33(5): p. 791-5.
26. Hortobagyi, T., [et al.], *Greater initial adaptations to submaximal muscle lengthening than maximal shortening.* J. Appl. Physiol., 1996. 81(4): p. 1677-1682.
27. Hudak, P.L., Amadio, P. C., Bombardier, C., *Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG).* Am J Ind Med, 1996. 29(6): p. 602-8.
28. International Association for the Study of Pain *International Association for the Study of Pain - Pain Definitions.* 1994, 2009 [cited 10.06.2009]; Available from: http://www.iasp-pain.org/AM/Template.cfm?Section=Pain_Definitions&Template=/CM/HTMLDisplay.cfm&ContentID=1728#Pain.
29. Jensen, K., Di Fabio, R. P., *Evaluation of eccentric exercise in treatment of patellar tendinitis.* Phys Ther, 1989. 69(3): p. 211-6.
30. Johnson, D.L., Mair, S.D., *Clinical Sports Medicine.* In, 1. Aufl. Philadelphia. Mosby Elsevier. 2006. 764 S. ISBN 978-0-323-02588-1
31. Jonsson, P., Alfredson, H., *Superior results with eccentric compared to concentric quadriceps training in patients with jumper's knee: a prospective randomised study.* Br J Sports Med, 2005. 39(11): p. 847-50.
32. Kannus, P., [et al.], *Pathophysiologie des Sehnenüberlastungsschadens.* In: Der Radiologe. Vol. 42. 2002. S. 766-770.
33. Kingma, J.J., [et al.], *Eccentric overload training in patients with chronic Achilles tendinopathy: a systematic review.* Br J Sports Med, 2007. 41(6): p. e3.
34. Kitis, A., [et al.], *DASH questionnaire for the analysis of musculoskeletal symptoms in industry workers: a validity and reliability study.* Appl Ergon, 2009. 40(2): p. 251-5.
35. Knobloch, K., *The role of tendon microcirculation in Achilles and patellar tendinopathy.* J Orthop Surg, 2008. 3: p. 18.

36. Knobloch, K., [et al.], *Eccentric training decreases paratendon capillary blood flow and preserves paratendon oxygen saturation in chronic achilles tendinopathy*. J Orthop Sports Phys Ther, 2007. 37(5): p. 269-76.
37. Knobloch, K., [et al.], *Achilles tendon and paratendon microcirculation in midportion and insertional tendinopathy in athletes*. Am J Sports Med, 2006. 34(1): p. 92-7.
38. Komi, P.V., Buskirk, E. R., *Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle*. Ergonomics, 1972. 15(4): p. 417-434.
39. Kongsgaard, M., [et al.], *Decline eccentric squats increases patellar tendon loading compared to standard eccentric squats*. Clinical biomechanics (Bristol, Avon), 2006. 21(7): p. 748-54.
40. Langberg, H., [et al.], *Eccentric rehabilitation exercise increases peritendinous type I collagen synthesis in humans with Achilles tendinosis*. Scand J Med Sci Sports, 2007. 17(1): p. 61-6.
41. Mafi, N., Lorentzon, R., Alfredson, H., *Superior short-term results with eccentric calf muscle training compared to concentric training in a randomized prospective multicenter study on patients with chronic Achilles tendinosis*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2001. 9(1): p. 42-7.
42. Maher, C.G., [et al.], *Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials*. Phys Ther, 2003. 83(8): p. 713-21.
43. Malliaras, P., Maffulli, N., Garau, G., *Eccentric training programmes in the management of lateral elbow tendinopathy*. Disabil Rehabil, 2008. 30(20-22): p. 1590-6.
44. Martinez-Silvestrini, J.A., [et al.], *Chronic lateral epicondylitis: comparative effectiveness of a home exercise program including stretching alone versus stretching supplemented with eccentric or concentric strengthening*. J Hand Ther, 2005. 18(4): p. 411-9, quiz 420.
45. McHorney, C.A., [et al.], *The MOS 36-item Short-Form Health Survey (SF-36): III. Tests of data quality, scaling assumptions, and reliability across diverse patient groups*. Med Care, 1994. 32(1): p. 40-66.
46. Newcomer, K.L., [et al.], *Sensitivity of the Patient-rated Forearm Evaluation Questionnaire in lateral epicondylitis*. J Hand Ther, 2005. 18(4): p. 400-6.
47. Niesen-Vertommen, S.L., [et al.], *The effect of eccentric versus concentric exercise in the management of Achilles tendonitis*. Clin J Sport Med, 1992. 2: p. 109-113.
48. Norregaard, J., [et al.], *Eccentric exercise in treatment of Achilles tendinopathy*. Scand J Med Sci Sports, 2007. 17(2): p. 133-8.
49. Oesch, P., [et al.]. *Krankheits-und lokalisierungsspezifische Messungen: Symptome und Behinderung bei Beschwerden der oberen Extremität: Disability of Arm-Shoulder-Hand-Deutsche Version (DASH-D)* In: Assessments in der muskuloskelettalen Rehabilitation, 1. Aufl. H. Huber. 2007. S. 310-314. ISBN-10: 3-456-84452-2
50. Oesch, P., [et al.]. *Schmerzintensität: Numeric Rating Scale (NRS) / Visual Analogue Scale (VAS)*. In: Assessments in der muskuloskelettalen Rehabilitation, 1. Aufl. H. Huber. 2007. S. 75-78. ISBN-10: 3-456-84452-2
51. Oesch, P.e.a. *Gesundheitsbezogene Lebensqualität: Deutsche Version (EQ-5D-D)*. In: Assessments in der muskuloskelettalen Rehabilitation, 1. Aufl. Bern: H. Huber. 2007. S. 349-356. ISBN-10: 3-456-84452-2
52. Oesch, P.e.a. *Gesundheitsbezogene Lebensqualität: Medical Outcomes Study, Short Form 12" Health Survey Questionnaire-Deutsche Version (MO-SF12-D)*.

- In: Assessments in der muskuloskelettalen Rehabilitation, 1. Aufl. Bern: H. Huber. 2007. S. 341-348. ISBN-10: 3-456-84452-2
53. Oesch, P.e.a. *Symptome und Behinderung bei Beschwerden der oberen Extremität: Disability of Arm-Shoulder-Hand-Deutsche Version (DASH-D)*. In: Assessments in der muskuloskelettalen Rehabilitation, 1. Aufl. Bern: H. Huber. 2007. S. 310-318. ISBN-10: 3-456-84452-2
54. Ohberg, L., Lorentzon, R., Alfredson, H., *Neovascularisation in Achilles tendons with painful tendinosis but not in normal tendons: an ultrasonographic investigation*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2001. 9(4): p. 233-8.
55. Overend, T.J., [et al.], *Reliability of a patient-rated forearm evaluation questionnaire for patients with lateral epicondylitis*. J Hand Ther, 1999. 12(1): p. 31-7.
56. Petersen, W., Welp, R., Rosenbaum, D., *Chronic Achilles tendinopathy: a prospective randomized study comparing the therapeutic effect of eccentric training, the AirHeel brace, and a combination of both*. Am J Sports Med, 2007. 35(10): p. 1659-67.
57. Price, D.D., [et al.], *The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain*. Pain, 1983. 17(1): p. 45-56.
58. Rees, J.D., [et al.], *The mechanism for efficacy of eccentric loading in Achilles tendon injury; an in vivo study in humans*. Rheumatology (Oxford), 2008. 47(10): p. 1493-7.
59. Rees, J.D., Wolman, R. L., Wilson, A., *Eccentric exercises; why do they work, what are the problems and how can we improve them?* Br J Sports Med, 2009. 43(4): p. 242-6.
60. Robinson, J.M., [et al.], *The VISA-A questionnaire: a valid and reliable index of the clinical severity of Achilles tendinopathy*. Br J Sports Med, 2001. 35(5): p. 335-41.
61. Rompe, J.D., Furia, J., Maffulli, N., *Eccentric loading compared with shock wave treatment for chronic insertional achilles tendinopathy. A randomized, controlled trial*. J Bone Joint Surg Am, 2008. 90(1): p. 52-61.
62. Rompe, J.D., [et al.], *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, 2007. 35(3): p. 374-83.
63. Roos, E.M., [et al.], *Clinical improvement after 6 weeks of eccentric exercise in patients with mid-portion Achilles tendinopathy -- a randomized trial with 1-year follow-up*. Scand J Med Sci Sports, 2004. 14(5): p. 286-95.
64. Sale, D.G., *Neural adaptation to resistance training*. Med Sci Sports Exerc, 1988. 20(5 Suppl): p. S135-45.
65. Salengro, S., *Tendinites et ruptures du tendon d`achille*. Sport Med', 1999. 116: p. S.22-24.
66. Sayers, S.P., [et al.], *Cross-validation of three jump power equations*. Med Sci Sports Exerc, 1999. 31(4): p. 572-7.
67. Schepers, T., [et al.], *Clinical outcome scoring of intra-articular calcaneal fractures*. J Foot Ankle Surg, 2008. 47(3): p. 213-8.
68. Schweizerischer Nationalfonds, *Chronische Schmerzen*, in *Muskuloskeletale Gesundheit*. 2003.
69. Shalabi, A., *Tendon injury and repair after core biopsies in chronic Achilles tendinosis evaluated by serial magnetic resonance imaging*. Br J Sports Med, 2004. 38: p. 606-612.
70. Sharma, P., Maffulli, N., *Tendon injury and tendinopathy: healing and repair*. J Bone Joint Surg Am, 2005. 87(1): p. 187-202.

71. Shrout, P.E. and J.L. Fleiss, *Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability*. Psychol Bull, 1979. 86(2): p. 420-8.
72. Silbernagel, K.G., [et al.], *Eccentric overload training for patients with chronic Achilles tendon pain--a randomised controlled study with reliability testing of the evaluation methods*. Scand J Med Sci Sports, 2001. 11(4): p. 197-206.
73. Spring, H., [et al.]. *Kraft*. In: Theorie und Praxis der Trainingstherapie, 2. Aufl. Stuttgart: Thieme. 2005. S. 34-50. ISBN: 3-13-107792-1
74. Stanish, W.D., Rubinovich, R. M., Curwin, S., *Eccentric exercise in chronic tendinitis*. Clin Orthop Relat Res, 1986(208): p. 65-8.
75. Stasinopoulos, D., Stasinopoulos, I., *Comparison of effects of Cyriax physiotherapy, a supervised exercise programme and polarized polychromatic non-coherent light (Biopton light) for the treatment of lateral epicondylitis*. Clin Rehabil, 2006. 20(1): p. 12-23.
76. Stasinopoulos, D., Stasinopoulos, I., *Comparison of effects of exercise programme, pulsed ultrasound and transverse friction in the treatment of chronic patellar tendinopathy*. Clin Rehabil, 2004. 18(4): p. 347-52.
77. Stasinopoulos, D., Stasinopoulou, K., Johnson, M. I., *An exercise programme for the management of lateral elbow tendinopathy*. Br J Sports Med, 2005. 39(12): p. 944-7.
78. Stratford, P.W., Levy, D.R., *Assessing valid change over time in patients with lateral epicondylitis at the elbow*. Clin J Sport Med, 1994. 4: p. S. 88-91.
79. Stratford, P.W., Levy, D.R., Gwoland, C. *Evaluative properties of measures used to assess patients with lateral epicondylitis at the elbow*. . In. P. danada, Vol. 45. 1993. S. 160-4.
80. Svernlöv, B., Adolfsson, L., *Non-operative treatment regime including eccentric training for lateral humeral epicondylalgia*. Scand J Med Sci Sports, 2001. 11(6): p. 328-34.
81. Thomee, R., *A comprehensive treatment approach for patellofemoral pain syndrome in young women*. Phys Ther, 1997. 77(12): p. 1690-703.
82. Tredinnick, T.J. and P.W. Duncan, *Reliability of measurements of concentric and eccentric isokinetic loading*. Phys Ther, 1988. 68(5): p. 656-9.
83. Van den Berg, F., Cabri, J. . *Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen*. In: Angewandte Physiologie, 2. Aufl. Stuttgart: Thieme. 2003. S. 311. ISBN 3-13-116032-2
84. Visentini, P.J., [et al.], *The VISA score: an index of severity of symptoms in patients with jumper's knee (patellar tendinosis)*. Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. J Sci Med Sport, 1998. 1(1): p. 22-8.
85. Visnes, H., [et al.], *No effect of eccentric training on jumper's knee in volleyball players during the competitive season: a randomized clinical trial*. Clin J Sport Med, 2005. 15(4): p. 227-34.
86. Wang, J.H., *Mechanobiology of tendon*. J Biomech, 2006. 39(9): p. 1563-82.
87. Warden, S.J., [et al.], *Low-intensity pulsed ultrasound for chronic patellar tendinopathy: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial*. Rheumatology (Oxford, England), 2008. 47(4): p. 467-71.
88. Woodley, B.L., Newsham-West, R. J., Baxter, G. D., *Chronic tendinopathy: effectiveness of eccentric exercise*. Br J Sports Med, 2007. 41(4): p. 188-98; discussion 199.
89. Young, M.A., [et al.], *Eccentric decline squat protocol offers superior results at 12 months compared with traditional eccentric protocol for patellar tendinopathy in volleyball players*. Br J Sports Med, 2005. 39(2): p. 102-5.

10. Anhang

Ausgeschlossene Studien

Name der Studie	Ausschlussgrund
Alfredson et al. 2005 [1]	Keine RCT
Alvarez et al. 2006 [5]	Nicht chronisch, exzentrische Belastung nicht als Intervention
Amiridis et al. 1997 [6]	Keine Tendinopathie
Croisier und Forthomme 2001 [13]	Keine Kontrollgruppe. Alle Gruppen haben exzentrische Belastung
Croisier et al. 2007 [14]	Keine RCT
de Vos et al. 2007 [15]	Nicht chronisch
Frohm et al. 2007 [21]	Beide Gruppen erhalten exzentrische Belastung
Grigg et al. 2008 [22]	Keine Tendinopathie sondern gesunde Personen
Komi und Buskirk 1972 [38]	Keine Tendinopathie
Kongsgaard et al. 2006 [39]	Keine Tendinopahtie
Niesen-Vertommen et al. 1992 [47]	Nicht chronisch
Roos et al. 2004 [63]	Nicht chronisch
Shalabi et al. 2004 [69]	Exzentrische Belastung ist nur Co-Intervention
Silbernagel et al. 2001 [72]	Auch die exzentrische Gruppe macht konzentrisches Training
Stasinopoulos et al. 2005 [77]	Keine RCT
Thomee 1997 [81]	Keine Tendinopathie
Warden et al. 2008 [87]	Beide Gruppen erhalten gleiche exzentrische Belastung. Exzentrisch ist nur Co-Intervention.
Young et al. 2005 [89]	Beide Gruppen erhalten exzentrische Belastung

Laufende Studien

Am 22. Juni 2009 haben wir unsere Suche nochmals im PubMed und in der Cochrane Library aktualisiert. Seit der letzten Suche am 17. Februar 2009 gibt es keine neuen RCT's, die unseren Einschlusskriterien entsprechen. Seitdem ist die systematische Literaturübersicht von Magnussen et al. 2009 neu erschienen. Diese Review untersucht Therapiemöglichkeiten zur Behandlung von Achillessehnenentzündungen. Wir konnten den Artikel nicht herunterladen und Magnussen beantwortete unsere E-Mail bis anhin nicht.

Referenzen zu den Studien

Protokoll nach Stanish

Das Protokoll nach Stanish, welches für Achillestendinopathien erstellt wurde, gliedert sich wie folgt:

- Dehnen des M. Triceps surae
- Kräftigung des M. Triceps surae
- Dehnen des M. Triceps surae
- Kryotherapie

Kräftigungsprotokoll

3 x 10 Wiederholungen sollten durchgeführt werden, wobei nur bei der letzten Serie Schmerzen auftreten sollen.

Woche	Tage	Geschwindigkeit	Belastung
1	1-3	langsam	bipodal
	3-5	mittel	
	6+7	schnell	
2	1-3	langsam	Steigerung der Belastung auf der betroffenen Seite
	3-5	mittel	
	6+7	schnell	
3	1-3	langsam	unipodal
	3-5	mittel	
	6+7	schnell	
4	1-3	langsam	unipodal plus 10% des Körpergewichts
	3-5	mittel	
	6+7	schnell	
5	1-3	langsam	unipodal plus 20% des Körpergewichts
	3-5	mittel	
	6+7	schnell	
6	1-3	langsam	unipodal plus 20% des Körpergewichts
	3-5	mittel	
	6+7	schnell	

Protokoll nach Alfredson

Alfredson adaptierte das exzentrische Übungsprotokoll von Stanish wie folgt:

Während 12 Wochen sollten zweimal täglich, 7 Tage die Woche die exzentrischen Übungen durchgeführt werden. Es werden 2 Arten von Übungen durchgeführt.

Einerseits wird die Wadenmuskulatur mit gestreckten Knien exzentrisch belastet und andererseits mit gebeugten Knien, um den M. Soleus maximal zu aktivieren. Beide

Male werden 3 Serien zu 15 Wiederholungen durchgeführt. Anfangs wird mit dem eigenen Körpergewicht die betroffene Seite trainiert. Nur exzentrische Belastung darf auf die betroffene Wadenmuskulatur wirken (d.h die nichtbetroffene Seite bringt den Körper in die Ausgangsposition zurück). Die Patienten sollten das Training trotz

leichten Schmerzen fortführen. Falls kein Schmerz mehr spürbar ist, sollte die Belastung anhand eines Rucksacks, der mit Gewichten gefüllt ist, gesteigert werden.

Während diesen 12 Wochen dürfen die Teilnehmer auf flachem Untergrund und für kleine Distanzen Joggen gehen. Dies sollte schmerzfrei durchgeführt werden können.

Das Übungsprotokoll von Alfredson ist nicht Geschwindigkeitsabhängig wie jenes von Stanish [41, 59].

Messinstrumente der Studien

VISA score

Der Victorian Institute of Sport Assessment score enthält 8 Fragen, welche die 3 Gebiete Schmerz, Funktion und Aktivität abdecken. Total ergibt dieser Fragebogen 100 Punkte. Eine asymptotische Person erhält 100 Punkte. Er ist ein valides und reliables Messinstrument um die Kniefunktion zu testen [84]. Dieser Fragebogen wurde für Achillessehnenprobleme (VISA-A) [60] und für Patellasehnenprobleme (VISA-P) angepasst und validiert [84].

Likert scale

Dies ist eine 6-Punkte Skala zur Feststellung der allgemeinen Genesung. Der Patient gibt an ob er mit den Aussagen einverstanden ist oder nicht. 1= komplett geheilt, 6= starke Verschlechterung seit Beginn.

American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS)

Mit diesem Messinstrument wurde die Funktion der Hinterfussregion getestet. Der Fragebogen beinhaltet Themen über die Funktion, Aktivität und Partizipation (Schmerzen, Wiedereinstieg ins Arbeitsleben, Gangabnormalitäten etc.). Der AOFAS hindfoot score ist eines, der am häufigsten angewendeten Outcome-Bewertungssysteme. Die Reliabilität und die Validität sind gut [67].

Short Form 36 (SF-36)

Beurteilt Schmerz und körperliche Funktionsfähigkeit (Aktivität und Partizipation) des Patienten [45, 52].

Abgeänderter Knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS)

Die subjektiven Symptome jedes Teilnehmers wurden anhand eines selbst zusammengestellten nicht validierten Fragebogens evaluiert. Der Fragebogen ist eine Abänderung des KOOS Fragebogens. Manche Fragen wurden weggelassen und einige neue wurden hinzugefügt. Die Themen Symptome (Schwellung, Rötung), Schmerz (nachts, sitzend, stehend, in Ruhe, während dem Rennen und beim Springen), Steifigkeit (morgens nach dem Erwachen, nach längerem Sitzen oder Liegen) und Lebensqualität (Wie oft spüren sie die Symptome und ändern ihre Aktivität?) sind darin enthalten. Die Teilnehmer konnten von no (=0) bis extreme pain (=4) ankreuzen. Für die Lebensqualität von never (=0) bis all the time (=4). Der Durchschnittswert aller Angaben wurde berechnet.

Patient-rated Forearm Evaluation Questionnaire (PRFEQ)

PRFEQ ist ein Fragebogen, um den durchschnittlichen Vorderarmschmerz wöchentlich zu beurteilen. Newcomer KL et al. zeigten in ihrer Studie, dass dieses Messinstrument reliabel und sensitiv für Patienten mit lateraler Epicondylitis ist [46, 55].

EuroQol generalised health questionnaire (EQ-5D)

Dieser Fragebogen hat eine gute Validität und Reliabilität. Er wird verwendet, um das Resultat des Verhältnisses zwischen der generellen Gesundheit und dem Wohlbefinden der Teilnehmer zu beurteilen [11]. Es gibt je 3 Fragen über die 5 Dimensionen

(Beweglichkeit/Mobilität, Selbstfürsorge, allgemeine Tätigkeiten, Schmerzen/körperliche Beschwerden, Angst/Niedergeschlagenheit) [51].

FILLA (The functional index of the leg and lower limb)

Der Teilnehmer beurteilt sich selbst anhand der VAS Skala nach der Fähigkeit 11 funktionelle Aktivitäten auszuüben. Auf einem Ende der Linie steht: keine Schwierigkeit diese Aktivitäten auszuüben und auf dem anderen Ende der Linie steht, dass der Teilnehmer unfähig ist die funktionellen Aktivitäten durchzuführen. Umso höher die Prozentzahl, desto höher ist die Unfähigkeit [12].

Global Evaluation Score

Beim Antworten auf die Frage “Wie fühlt sich dein Knie jetzt an, im Vergleich zu vor der Therapie?” wird die Intervention beurteilt. Die Teilnehmer müssen die Beurteilung auf einer 11-Punkte VNS (visual numerical scale) festhalten. +5 = maximale Verbesserung (keine Symptome); 0 = keine Veränderung; -5 = maximale Verschlechterung (heftige Symptome) [10].

Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand (DASH)

DASH ist ein gebietbezogener Fragebogen, welcher die Symptome und den funktionellen Status von Patienten mit einem muskuloskeletalen Leiden der oberen Extremität beurteilt [27]. Dieser Fragebogen erfasst anhand 30 Fragen die subjektiven Wahrnehmungen der Patienten bezüglich der Gesundheit ihrer oberen Extremität. Der Patient bewertet die Funktion, Aktivität und Partizipation (z.B. Kraft, Schreiben, Freizeit) der oberen Extremität mit 1= keine Schwierigkeiten bis 5= nicht möglich. Die Antworten werden dann berechnet und zu einem Score aus 100 transformiert. Wobei 0=keine Einschränkung und 100=maximale Beeinträchtigung bedeuten. Der Test weist eine gute Reliabilität auf und ist valide [34, 49, 53].

Functional Test von Bahr

Vor Beginn des Trainings, nach 6 und 12 Monaten wurden die Kraft und die Sprungleistung (Höhe) der Teilnehmer auf einer Kraftmessplatte getestet. Zuerst beide Beine, dann ein Bein.

1. 9 mal Standing Jumps (Start von 90° Knieflexion, Hände auf den Hüften)

2. 9 mal Counter-movement jumps (Start mit Knieextension, Anlauf holen bis 90° Knieflexion, Hände auf den Hüften)
3. Leg extension strength (Maximales Gewicht in Kilo, welches der Teilnehmer in einem Male in geschlossener Kette heben kann (mittels Leg press))

Nach jedem Test sollte der Patient den Schmerz auf der VAS Skala angeben [10].

Visual Analog Scale

Die Skala besteht aus einer horizontalen Linie, 100mm lang, am Anfang mit „kein Schmerz“ und am Ende mit „sehr starker Schmerz“ beschriftet. Die Skala ist kontinuierlich. Der Patient soll die Intensität des Schmerzempfindens bewerten. Sie weist eine gute Reliabilität und Validität auf [50, 57].

NRS

Die Numeric Rating Scale ist ein Messinstrument für Schmerzen. Der Patient gibt auf einer Skala von 0-10 an wie viel Schmerz er empfindet. 0= schmerzfrei, 10= sehr starke Schmerzen. Die Skala zeigt eine bessere Reliabilität auf als die VAS und eine ebenso gute Validität [17, 50].

Pain threshold

Ist definiert durch das Minimum an Druck, in Kilogramm, das Schmerzen verursacht.

Pain-free-grip (PFG) strength

Der Patient ergreift mit gestrecktem Ellbogen und den Arm in 0-Stellung ein Instrument, welches er immer stärker zudrückt. Sobald er Schmerzen am lateralen Ellbogen verspürt, wird der Test sofort gestoppt. Der Durchschnittswert von drei Versuchen wird verwendet. Es gibt keinen Goldstandard für die Messung der Kraft bei lateraler Epicondylitis, jedoch haben einige Studien gezeigt, dass PFG eine höhere Reliabilität aufweist als der maximal grip strength test [78, 79].

KIN/COM Dynamometer

Jensen und Di Fabio führte seine Krafttests anhand eines KIN/COM Dynamometers durch. Dazu wurde in isokinetischem Modus mit einer minimalen Kraftschwelle von 20N gearbeitet. Vor dem Krafttest, machten die Probanden 10 submaximale konzentrische und exzentrische Knieextensionen bei einer Geschwindigkeit von

50°/Sek. um die Maschine kennen zu lernen. Der Test bestand aus 5 maximalen konzentrischen und exzentrischen Kontraktionen des M. Quadriceps femoris bei einer Geschwindigkeit von 50°/Sek. Das Bewegungsausmass reichte von 0 bis 90° Knieflexion. Diese 5 Versuche ergaben eine exzentrische Kraftmessung pro Proband. Der KIN/KOM Dynamometer wurde bei gesunden Menschen als reliables Kraftmessinstrument bewertet [82]. Die Hardware von KIN/COM wurde als reliabel eingestuft [16]. Das Testprotokoll wurde von den Autoren selber geprüft und dank der Intra-Klassen Korrelation als reliabel eingeteilt [71].

Strain gauge device (Dehnungsmessstreifen)

Dieses Gerät wurde zur Messung der Greifkraft vom Department für Neurophysiologie des Universitätskospitals Linköping/Schweden entwickelt. Es dient zur Erfassung von dehnenden Verformungen. Die Dehnungsmessstreifen verformen sich leicht unter Belastung. Diese Verformung führt dann zur Veränderung des Widerstands des Dehnungsmessstreifens. So kann die Kraft der Hand gemessen werden. Es gibt keine Angabe über die Reliabilität und Validität dieses Messinstrumentes.

Jumping Performance nach Visnes

Es wurden 3 Counter Movement Jumps und 3 Squat Jumps uni- und bilateral durchgeführt, wobei jeweils der beste Sprung benutzt wurde. Als Leistungsindex wird bei diesen Sprüngen die Flughöhe mit Hilfe von Kraftmessplatten gemessen. Dazu wird anhand der Flugzeit die Flughöhe berechnet. Der Squat Jump testet die konzentrische Kraftfähigkeit der Sprungmuskulatur. Der Sprung wird dabei aus einer Hockstellung von 90° Knieflexion ausgeführt. Die Arme werden an die Hüften angelegt und bleiben während der Bewegung dort. Der Counter Movement Jump dient zur Messung der konzentrischen Kraftfähigkeit der Sprungmuskulatur. Der Sprung wird aus dem Stand heraus ausgeführt, die Arme sind an die Hüften gelegt und bleiben während der Bewegung dort. Zuerst geschieht eine Ausholbewegung mit Knieflexion bis zu 90°, um dann in die aufrechte Position zurückzukehren. Der SJ sagt mehr über die Kraftprognose aus als der CMJ, da beim letzteren mehr Ausweichbewegungen der Probanden und somit verschiedenen Ausführungen vorhanden sind [66].