

STUDIENGANG 2006
DEPARTEMENT GESUNDHEIT
ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN

**VERLETZUNGSPROPHYLAKTISCHER EFFEKT VON
MUSKELDEHNUNGEN VOR SPORTLICHER BETÄTIGUNG IM
BEREICH DER UNTEREN EXTREMITÄT**

BACHELORARBEIT

DOZENTIN: AGNÈS VERBAY
VORGELEGT AM 19. JUNI 2009

ANJA WIDMANN
LANGENSTRASSE 8
8542 WIESENDANGEN
S06-539-027

NATHALIE MATTER
BAHNHOFSTRASSE 6
8360 ESCHLIKON
S06-539-019

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
TABELLENVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	IV
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	V
1 ABSTRACT	1
2 EINLEITUNG	2
2.1 Einführung in die Thematik	2
2.2 Fragestellung	3
2.3 Methode / Abgrenzung	3
2.4 Theorie	5
2.4.1 Einführung Muskelpyhsilogie	5
2.4.2 Aufbau der quergestreiften Skelettmuskulatur	5
2.4.3 Feinstruktur des Skelettmuskels	7
2.4.4 Muskelfasertypen	9
2.4.5 Ruhespannung und Längenänderung des Muskels	10
2.4.6 Titin	11
2.4.7 Aufgabe des Bindegewebes	12
3 HAUPTTEIL	13
3.1 Studien	13
3.1.1 Aufbau Matrix Studien	13
3.1.2 Präsentation Studien	17
3.1.2.1 A) Effects of ankle dorsiflexion range and pre-exercise calf muscle stretching on injury risk in Army recruits	18
3.1.2.2 B) Effects of a Static Stretching Program on the Incidence of Lower Extremity Musculotendinous Strains	18
3.1.2.3 C) A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury	19
3.1.2.4 D) Effect of Static Stretching on Prevention of Injuries for Military Recruits	20
3.1.3 Diskussion Studien	21
3.2 Reviews	25
3.2.1 Aufbau Matrix Reviews	25

3.2.2	Präsentation Reviews	26
3.2.2.1	A) Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review.....	27
3.2.2.2	B) Prevention of Sports Injuries Systematic Review of Randomized Controlled Trials	28
3.2.2.3	C) The Impact of Stretching on Sports Injury Risk: A Systematic Review of the Literature.....	28
3.2.2.4	D) A systematic review of interventions to prevent lower limb soft tissue running injuries	29
3.2.2.5	E) A Systematic Review into the Efficacy of Static Stretching as Part of a Warm-up for the Prevention of Exercise-Related Injury	30
3.2.2.6	F) Stretching Before Exercise Does Not Reduce the Risk of Local Muscle Injury: A Critical Review of the Clinical and Basic Science Literature	32
3.2.2.7	G) The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: a systematic review of the literature	34
3.2.3	Diskussion Reviews.....	35
3.3	Diskussion Studien und Reviews	37
3.4	Theorie-Praxis-Transfer.....	38
4	SCHLUSSTEIL.....	40
4.1	Zusammenfassung	40
4.2	Offene Fragen und Ausblick	41
	QUELLENVERZEICHNIS	43
	EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG.....	46
	ANHANG 1: ÜBERSICHTSTABELLE REVIEWS.....	47
	ANHANG 2: PEDRO-KRITERIEN	48

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Aufbau eines Muskels nach van den Berg (2003).....	7
Abbildung 2	Aufbau eines Muskels und dessen Feinstruktur nach Lindel (2006).....	8
Abbildung 3	Aufbau eines Sarkomers nach Lindel (2006).....	9
Abbildung 4	Längenänderung des Sarkomers während einer Dehnung nach Klinke et al. (2005).....	11

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Matrix Studien	16
Tabelle 2	Angepasste PEDro-Kriterien.....	17
Tabelle 3	Matrix Reviews.....	26
Tabelle 4	Übersichtstabelle Reviews.....	47

Abkürzungsverzeichnis

ATP	Adenosintriphosphat
BMJ	British Medical Journal
CCT	Clinical Controlled Trial
CEBP	Centre for Evidence Based Physiotherapy
CI	Confidence Interval
DIMDI	Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information
HR	Hazard Ratio
M.	Musculus
n	Anzahl Teilnehmer
OE	Obere Extremität
OR	Odds Ratio
p oder p-Wert	Überschreitungswahrscheinlichkeit
PEDro	Physiotherapy Evidence Database
RCT	Randomized Controlled Trial
RR	Relative Ratio
TN	Teilnehmer
UE	Untere Extremität
vgl.	vergleiche

1 Abstract

Zielsetzung Ziel dieser Arbeit ist die Analysierung wissenschaftlicher Untersuchungen, um den verletzungsprophylaktischen Effekt von Muskeldehnungen vor sportlicher Betätigung im Bereich der unteren Extremitäten zu beurteilen.

Datenquelle und Auswahl / Methoden Eine elektronische Datenbankenrecherche ist ohne Sprachlimitation durchgeführt worden. Es sind ausschliesslich Untersuchungen mit einem Publikationsjahr ab 1998 in die Arbeit eingeschlossen worden und die Suchergebnisse hat man auf Studien und Reviews reduziert. Nach dem Prüfen der Arbeiten auf ihren Inhalt, sowie nach dem Beurteilen anhand der eigens ausgearbeiteten Kriterien, sind vier Studien und sieben Reviews für die weitere Analyse übrig geblieben.

Resultate Von den ausgewählten vier Studien stellen zwei keinen signifikanten Effekt des Dehnens vor sportlicher Betätigung fest. In einer Studie lässt sich zumindest teilweise eine verletzungsprophylaktische Wirkung aufzeigen und in einer weiteren kann diese Wirkung bestätigt werden. Von sieben untersuchten Reviews können sechs keinen signifikanten positiven Effekt nachweisen und ziehen die Schlussfolgerung, dass es nicht möglich ist, eine endgültige Aussage über die Effektivität der Dehnübungen machen zu können. Lediglich eine Übersichtsarbeit macht die abschliessende Aussage, dass Stretching vor sportlicher Aktivität keine verletzungsprophylaktische Wirkung hat.

Schlussfolgerung Aufgrund der Knappheit, Heterogenität und der schlechten methodischen Qualität der Studien kann keine abschliessende Aussage über die Effektivität von Dehnübungen bezüglich der Verletzungsprophylaxe im Sport gemacht werden. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass tendenziell kein signifikanter verletzungsprophylaktischer Effekt des Dehnens besteht. Die lange angenommene Wirkung von Stretching wird zu Recht in Frage gestellt und von bedingungslosem Dehnen sollte abgeraten werden.

Key Words stretching, sport, injury/ies, lower-limb, muscle, risk, prevention, randomized controlled trial und clinical trial, sowie deren Synonyme

2 Einleitung

Entsprechend dem Grundsatz der Gleichberechtigung von Frau und Mann gelten alle Personen- und Funktionsbezeichnungen, ungeachtet der angewandten Sprachform, für beide Geschlechter.

2.1 Einführung in die Thematik

Im Beruf des Physiotherapeuten sowie als praktizierender Sportler, wird man immer wieder mit der Frage der Effektivität des Dehnens in Bezug auf Sportverletzungen konfrontiert. Patienten zählen auf die Meinung eines Professionellen und sind froh, klare und eindeutige Ratschläge zu bekommen. Wenn es um die eigene Gesundheit geht, will man über den aktuellsten Stand der Medizin Bescheid wissen. Als aktiver Sportler ist man aus eigenem Interesse motiviert, mehr über die Prophylaxe von Sportverletzungen in Erfahrung zu bringen. Schmerzhaft erlebte Erfahrungen aus der Vergangenheit lassen einen an Arztbesuche, langwierige Sportpausen, eine mühselige Rehabilitation, den unsicheren Wiedereinstieg und die verlorene Trainingszeit, an den Geruch von Sportsalben, kühlende Umschläge und Bandagen denken. Aus diesem Grund möchte man wissen, wie die optimale Vorbereitung auf sportliche Betätigung auszusehen hat, um möglichst viele beeinflussbare Risiken abzudecken. Kann dabei auf das Dehnen verzichtet werden oder muss es ein fester Bestandteil von jedem Warm-up sein? Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, der Beantwortung dieser Frage ein Stück näher zu kommen.

Nach jahrelanger Annahme der verletzungsprophylaktischen Wirkung des Dehnens hat sich in den letzten Jahren eine Diskussion über das Thema eröffnet. Die Wichtigkeit des Dehnens vor sportlicher Betätigung wird von der Wissenschaft in Frage gestellt. Beispielsweise können Pope, Herbert, Kirwan und Graham (2000) in ihrer Studie über die Prävention von Verletzungen der unteren Extremitäten mittels Dehntechniken vor dem Sport den verletzungsprophylaktischen Effekt nicht belegen. Im Gegensatz dazu zeigen Amako, Oda, Masuoka, Yokoi und Campisi (2003) auf, dass durch statisches Dehnen die Anzahl von Muskelverletzungen vermindert werden kann. So ist heutzutage nicht mehr eindeutig klar, dass man vor der Ausübung sportlicher Betätigung aktivitätsspezifische Muskelgruppen zu dehnen hat. In dieser Arbeit werden Unklarheiten bezüglich des Deh-

nens aufgegriffen und neuere wissenschaftliche Erkenntnisse über die verletzungsprophylaktische Wirkung von Dehntechniken miteinander verglichen.

2.2 Fragestellung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob Muskeldehnungen im Bereich der unteren Extremitäten vor sportlicher Betätigung eine verletzungsprophylaktische Wirkung haben. Der Fokus wird auf das Dehnen an sich, als eine mögliche Intervention zur Vorbereitung auf körperliche Aktivität, gerichtet. Dabei geht man nicht auf die verschiedenen Dehntypen ein und verzichtet darauf, ihre verletzungsprophylaktische Wirkung miteinander zu vergleichen. Dies lässt eine intensivere Auseinandersetzung mit der eigentlichen Fragestellung zu, wodurch eine konkretere Beantwortung erzielt werden kann.

Die Fragestellung beschränkt sich auf die Erarbeitung von Muskeldehnungen im Bereich der unteren Extremitäten. Die Beine spielen bei allen Sportarten, welche die Fortbewegung, den Stand oder den Einsatz der Beine in der Spielfunktion integrieren direkt oder indirekt eine wesentliche Rolle. So ermöglichen sie uns, durch den Kontakt mit dem Boden, unseren Körper im Raum zu verschieben und Distanz zu gewinnen. Dies wenden wir beispielsweise beim Tanzen oder im Laufsport an. Des Weiteren gelingt es uns, durch eine mobile Stabilität der unteren Extremitäten, den Körper selbst auf einer labilen Unterlage zu stabilisieren. Als Beispiel dafür lässt sich das Voltigieren erwähnen, wobei man auf einem trabenden oder galoppierenden Pferd stehend am Turnen ist. Auch können die Beine in der Spielfunktion variabel eingesetzt werden und als wirkungsvolles Instrument dienen. Dies lässt sich unter anderem im Fussball beim Torschuss oder im Kampfsport bei Fusstritten beobachten.

Die Fragestellung konzentriert sich auf die verletzungsprophylaktische Wirkung des Dehnens vor sportlicher Aktivität. Nach dem Sport wird grundsätzlich gedehnt, um Muskelkater vorzubeugen. Da heutzutage nicht eindeutig klar ist, ob Muskelkater als Verletzung gilt, hat man sich entschieden, diesen nicht in die Arbeit zu integrieren.

2.3 Methode / Abgrenzung

Eine computerbasierte Literaturrecherche ist in den Datenbanken PEDro, Pubmed, Medline, The Cochrane Library, BMJ, CEBP, DIMDI, Medicine & Science in Sports &

Exercise, Ingenta Connect und Google Scholar durchgeführt worden. Für die Eingrenzung der Suche hat man die Schlüsselwörter stretching, to stretch, dynamic stretching, prolongation, injury, sport injury/ies, physical injury, athletic injury, trauma, injury risk, injury prevention, prophylaxis, to prevent, prevention, to reduce, lower limb, muscle/s, sports, randomized, controlled trial und clinical trial verwendet. Die einzelnen Schlüsselwörter sind durch die Begriffe AND und OR miteinander verknüpft worden. Eine Limitation ist bei den Jahrgängen der Studien und Reviews vorgenommen worden. Die Bereiche der Medizin und Physiotherapie befinden sich, aufgrund medizinischer Fortschritte und Errungenschaften, in einem ständigen Wandel. Aus Gründen der Aktualität hat man sich entschieden, möglichst neue wissenschaftliche Erkenntnisse in die Arbeit einfließen zu lassen. So sind ausschliesslich Studien und Reviews mit einem Publikationsjahr von 1998 oder neuer in die Arbeit eingeschlossen worden. Bei der Sprache der Suchergebnisse hat keine Limitierung stattgefunden. Trotzdem sind alle, als zulässig erachteten Studien und Reviews, in der englischen Sprache verfasst worden. Die Literatursuche hat im Zeitraum zwischen dem 4. September 2008 und dem 2. Januar 2009 stattgefunden.

Anfangs hat die Literaturrecherche zu einer Gesamtanzahl von 63 Suchresultaten geführt. Diese haben aus sieben wissenschaftlichen Studien und 54 Ergebnissen, zusammengesetzt aus Reviews, Metaanalysen und Artikel bestanden. Die gefundenen Ergebnisse sind einer ersten genaueren Betrachtung unterzogen und auf ihren Inhalt hin geprüft worden. Auch wenn die Untersuchungen auf den ersten Blick interessant gewirkt haben, hat sich eine Vielzahl nicht mit der für uns relevanten Thematik beschäftigt und konnte daher nicht in die Arbeit integriert werden. So ist beispielsweise die Verletzungsprophylaxe des Dehnens nach sportlicher Aktivität im Vordergrund gestanden. Durch eine Beschränkung der Suchergebnisse auf Studien und Reviews, sind schlussendlich vier Studien und 13 Reviews übrig geblieben, welche sich gezielt mit unserer Fragestellung beschäftigen.

In einem weiteren Schritt ist je eine Matrix für die Studien und die Reviews erstellt worden. Diese beinhalten eigens ausgearbeitete Kriterien zur Beurteilung der Wissenschaftlichkeit, welche man teilweise durch PEDro-Kriterien ergänzt hat. Die einzelnen Punkte der verschiedenen Matrizen werden im Hauptteil genauer beschrieben und erläutert.

Bei einer zweiten Betrachtung der Reviews, anhand der erstellten Matrix, haben sich deutliche Unterschiede in der Qualität der einzelnen Ergebnisse, sowie wissenschaftliche Män-

gel abgezeichnet. So hat man die ursprüngliche Anzahl Reviews von 13 auf sieben reduziert. Im Gegensatz dazu, sind die ausgewählten Studien den gestellten wissenschaftlichen Ansprüchen gerecht geworden und man hat keine weitere Reduktion durchführen müssen. So ergibt sich schlussendlich eine Anzahl von vier Studien, bestehend aus zwei retrospektiven Studien, einer prospektiven Kohortenstudie und einer randomisierten Untersuchung, sowie sieben Reviews.

2.4 Theorie

Im folgenden Abschnitt werden theoretische Grundlagen, welche für das Verständnis der Thematik notwendig sind, erarbeitet. Hierbei wird der Schwerpunkt auf die Physiologie der quergestreiften Skelettmuskulatur gelegt, wobei die dazugehörigen Themen wie Ruhespannung und Längenänderung des Muskels und die Aufgabe des Titins ebenfalls angesprochen werden.

2.4.1 Einführung Muskelpyhsilogie

Im menschlichen Körper sind drei verschiedene Formen von Muskelgewebe vorzufinden. Zum einen gibt es die glatte Muskulatur, welche eine unwillkürliche Kontraktionsfähigkeit hat und wichtig für die Funktion vieler innerer Organe, der Blutgefäße sowie der vegetativen Innervation ist. Des Weiteren ist die quergestreifte Herzmuskulatur vorhanden, welche ebenfalls unwillkürlich kontrahiert und mitverantwortlich für die vegetative Innervation ist. Zuletzt gibt es die quergestreifte Skelettmuskulatur, die sich willkürlich kontrahieren lässt. Ihre wichtigsten Aufgaben bestehen darin, durch statische Muskelarbeit die Körperhaltung zu fixieren und mittels dynamischer Muskelarbeit Bewegung zu ermöglichen. Zirka 430 Muskeln bestehen aus diesem Gewebe und nehmen nahezu die Hälfte des gesamten Körpergewichtes ein (Lindel, 2006). Diese Arbeit bezieht sich ausschliesslich auf die quergestreifte Skelettmuskulatur, weshalb im weiteren Theorieteil spezifisch auf diese Form von Muskelgewebe eingegangen wird.

2.4.2 Aufbau der quergestreiften Skelettmuskulatur

Laut Knechtle (2002) besteht das Muskelgewebe aus 75% Wasser, 20% Eiweissen, 2% niedermolekularen organischen Bestandteilen wie Kohlenhydraten, welche in Form von Glykogen und Fett auftreten, und 3% anorganischen Bestandteilen.

Der Skelettmuskel ist aus dem Knochen-Sehnen-Übergang, der Sehne, dem Muskel-Sehnen-Übergang sowie dem Muskelbauch, der in Abbildung 1 als Muskel beschrieben wird, aufgebaut. Das Muskelgewebe ist aus nicht kontraktile Anteilen, wie Bindegewebe, welches vorwiegend aus Kollagen und wenig elastischen Fasern besteht, sowie aus kontraktile Anteilen zusammengesetzt. Zu den nicht kontraktile Elementen gehören nicht nur die bindegewebigen Anteile des Muskelbauches, sondern auch diejenigen des Muskel-Sehnen-Überganges, der Sehne und des Knochen-Sehnen-Überganges (Lindel, 2006). Alle Anteile des Muskels sind in die bindegewebige Struktur des Muskels miteingebunden. Dieses Kontinuum beginnt am Knochen selbst mittels des Knochen-Sehnen-Überganges und wird dann zur Sehne. In Form des Epi-, Peri- und Endomysiums läuft es in das Bindegewebe des Muskelbauches über. Gegen Ende des Muskelbauches wandelt sich das Bindegewebe wieder zur Sehne um und geht mittels Knochen-Sehnen-Übergang wiederum eine Verbindung mit dem Knochen ein. Das Bindegewebe des Muskels verbindet also zwei Knochen. Vereinfacht ausgedrückt, kann durch diese Verbindung, sowie durch die kontraktile Elemente des Muskels, die Bewegung der Knochen gegeneinander entstehen (van den Berg, 2003).

Der gesamte Muskel ist, wie man in Abbildung 1 erkennen kann, von einer bindegewebigen Hülle, dem Epimysium umgeben, an welche sich die Muskelfaszie anschliesst. Die verschiedenen Muskeln werden durch Faszien voneinander getrennt. Oft lagert sich zwischen dem Epimysium und der Faszie des Muskels Fettgewebe ab, welches zur Druckabsorption und Bereitstellung der Energie dient. Die Form des Muskels bilden viele Muskelfaserbündel, welche vom Perimysium externum umgeben sind und auch Faszikel genannt werden. Diese setzen sich wiederum aus mehreren Muskelfasern zusammen. Auch die einzelnen Fasern werden von bindegewebigen Septen umhüllt, welche Endomysium oder, wie in der Abbildung 1, Perimysium internum genannt werden. Die Bindegewebsschichten enthalten Kollagene, sowie elastische Stoffe, Fibroblasten, Blutgefäße, Lymphgefäße und Nerven (Lindel, 2006).

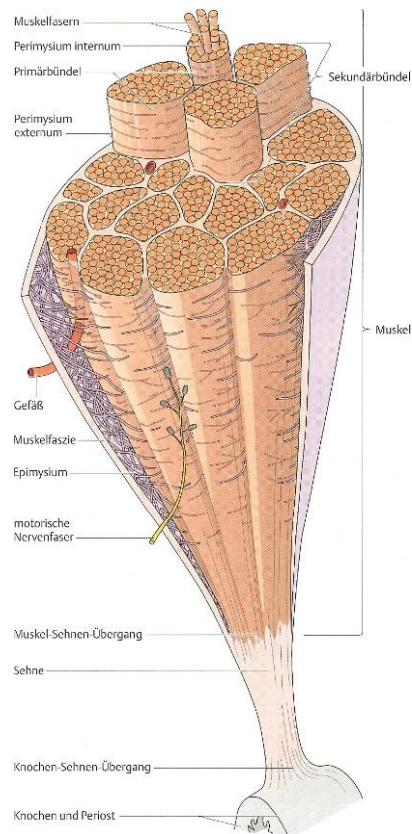


ABBILDUNG 1 AUFBAU EINES MUSKELS NACH VAN DEN BERG (2003)

2.4.3 Feinstruktur des Skelettmuskels

Ungefähr 10 bis 20 einzelne Muskelfasern bilden ein Muskelfaserbündel. Die Faser ist die kleinste strukturelle Einheit des Muskels. Sie ist eine lange, zylindrische Muskelzelle mit unzähligen Zellkernen und wird vom Sarkolemm, einer bindegewebigen und erregbaren Zellmembran, welche direkt unter dem Endomysium liegt, umgeben. Die Zellkerne befinden sich in der Grundsubstanz, dem Sarkoplasma, unterhalb des Sarkolemm. Je nach funktioneller Beanspruchung des Muskels sind die Muskelfasern unterschiedlich dick, wobei der Durchmesser von 10 bis 100 μm reicht. In grossen Muskeln finden sich eher dicke Fasern und in kleineren eher dünnere. Auch in der Länge unterscheiden sich die Fasern deutlich, sie können von 1 bis 30 cm lang sein. Die längsten Muskelfasern im menschlichen Körper sind im M. sartorius zu finden. Wenn die Muskelfaser mikroskopisch betrachtet wird, ist zu erkennen, dass jede einzelne Faser aus vielen Myofibrillen besteht (Lindel, 2006), wie in Abbildung 2 ersichtlich ist. Laut Knechtle (2002) sind die Myofibrillen in parallelen Längsbündeln im Sarkoplasma eingebettet und machen mit ihren Hauptproteinen Aktin und Myosin 75% bis 85% der Muskelproteine aus. Van den Berg (2003)

schreibt, dass sie das kontraktile Element der Muskelfaser sind. In den Myofibrillen befinden sich laut Lindel (2006) zwei verschiedene, proteinhaltige Myofilamente, welche in Abbildung 2 zu erkennen sind. Die dickeren werden Myosinfilamente genannt und die dünneren sind die Aktinfilamente, welche neben Aktinmolekülen auch die Moleküle Troponin und Tropomyosin beinhalten. Aufgrund der Anordnung dieser Myosinfilamente weisen die einzelnen Myofibrillen eine Querstreifung auf.

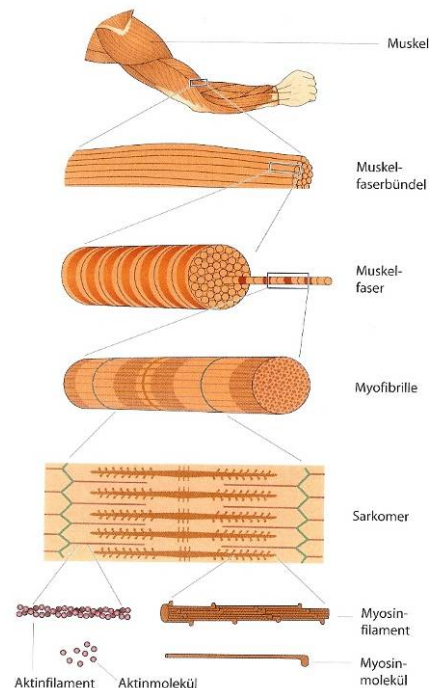


ABBILDUNG 2 AUFBAU EINES MUSKELS UND DESSEN FEINSTRUKTUR NACH LINDEL (2006)

Weiter beschreibt Lindel (2006), dass jede Myofibrille aus der Aneinanderreihung mehrerer tausend Sarkomere besteht. In Abbildung 3 ist der Aufbau eines einzelnen Sarkomers dargestellt. Die Sarkomere sind durch die so genannte Z-Linie, auch Zwischenmembran genannt, unterteilt. An der Z-Linie sind die Aktinfilamente angeheftet und bilden so den I-Streifen. Zwischen den Aktinfilamenten befinden sich regelmässig angeordnet die dickeren Myosinfilamente, welche nicht bis zur Z-Linie reichen und so den A-Streifen bilden. Da der I-Streifen mit den Aktinfilamenten isotrop, das heisst wenig lichtbrechend ist und dadurch mikroskopisch betrachtet heller erscheint, und der A-Streifen mit den Myosinfilamenten anisotrop, also stark lichtbrechend ist und dadurch dunkler erscheint, entsteht die typische Querstreifung der Skelettmuskulatur und somit auch ihr Name. Ein

einzelnes Sarkomer besteht aus zwei halben I-Streifen und einem A-Streifen, bildet die Strecke zwischen zwei Z-Linien und hat etwa die Länge von 2 μm .

Die Muskelfaser besteht laut Lindel (2006) jedoch nicht nur aus Aktin- und Myosinfilamenten, sondern auch aus so genannten tertiären Filamenten, zu denen die intermediären Filamente, Nebulinfilamente, Titinfilamente, sowie die kurzen filamentösen und globulären Proteine zählen. Die intermediären Filamente verlaufen in Längsrichtung und im Bereich der Z-Linie ringförmig durch das Sarkomer. Sie haben Kontakt zum Sarkolemm und zu den benachbarten Fibrillen. Parallel zu den Aktinfilamenten verlaufen die Nebulinfilamente. Die Titinfilamente ziehen, wie in Abbildung 3 zu erkennen ist, von den Z-Linien entlang den Myosinfilamenten zur M-Linie und haben Kontakt zu den freien Enden der Myosinfilamente. Im Gegensatz zu den Aktin- und Myosinfilamenten sind die tertiären Filamente nicht kontraktile. Sie haben die Aufgabe die innere Struktur der Muskelfasern in transversaler und longitudinaler Richtung zu stabilisieren.

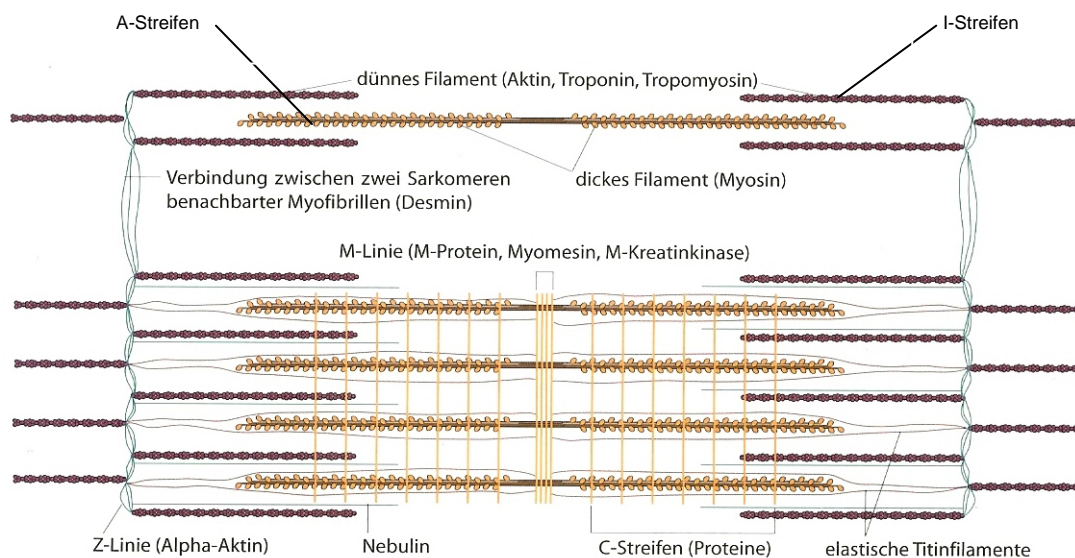


ABBILDUNG 3 AUFBAU EINES SARKOMERS NACH LINDEL (2006)

2.4.4 Muskelfasertypen

Die Skelettmuskeln sind aus verschiedenen Fasertypen zusammengesetzt. Nahezu alle der Proteine, welche das Sarkomer bilden, treten in so genannten Isoformen auf. Die Grundlage zur Unterscheidung von Muskelfasertypen bilden die Isoformen der Myosine. Man unterscheidet primär zwischen langsam kontrahierenden, so genannten slow-twitch oder auch Typ-I-Fasern, und schnell kontrahierenden fast-twitch oder Typ-II-Fasern. Die

Typ-II-Fasern des Menschen zeigen eine drei bis fünfmal höhere Kontraktionsgeschwindigkeit als Typ-I-Fasern. Ein Grund dafür sind die mit verschiedenen Myosin-Isoformen bestückten Myofibrillen der zwei verschiedenen Fasertypen. Das Myosin aus den Typ-II-Fasern spaltet ATP schneller als dasjenige der Typ-I-Fasern. Beide Fasertypen können jedoch ungefähr dieselbe Spannung erzeugen. Somit benötigen die Typ-I-Fasern bei gleicher Arbeit weniger ATP und arbeiten effizienter als die Typ-II-Fasern (Hoppeler und Billeter, 2003).

Neben der langsameren Kontraktion haben die Typ-I-Fasern auch eine eher geringe Kraftentwicklung. Bei einer aeroben Energiebereitstellung ist jedoch die Ausdauerfähigkeit der Typ-I-Fasern sehr entscheidend. Die Typ-II-Fasern hingegen können eine hohe Kraft entwickeln, haben jedoch ein geringeres Ausdauervermögen und benötigen zudem mehr ATP. Beide Muskelfasertypen sind in allen Muskeln vorzufinden, wobei es Unterschiede in der Relation gibt. Das Verhältnis ist genetisch festgelegt und kann von Mensch zu Mensch stark variieren. Es ist nicht möglich, eindeutig zuzuordnen, in welchen Muskeln welche Fasern überwiegen. Klar ist jedoch, dass so genannte bewegende oder phasische Muskeln, welche schnell Kraft entwickeln müssen, einen höheren Anteil an Typ-II-Fasern aufweisen. Hingegen enthält die Halte- und Stützmuskulatur, welche als tonische Muskulatur bekannt ist, aufgrund ihres Anforderungsprofils mehr Typ-I-Fasern. Ein untrainierter Mensch besitzt zirka 50-60% Typ-II-Fasern, bei einem Sprinter kann sich dieser Anteil auf bis zu 90% steigern (Lindel, 2006).

2.4.5 Ruhespannung und Längenänderung des Muskels

Erfolgt eine Längenänderung des Muskels durch Dehnung oder Verkürzung, verschieben sich die Aktin- und Myosinfilamente gegeneinander, sie gleiten aneinander entlang. Dies wird auch Gleitfilamenttheorie genannt. Dabei wird, wie in Abbildung 4 ersichtlich ist, die Länge der einzelnen Filamente nicht beeinträchtigt, sondern diejenige der Sarkomere. Bei einer Dehnung werden nun die Aktinfilamente aus den Räumen zwischen den Myosinfilamenten herausgezogen und die Titinfilamente werden dabei in die Länge gezogen (Klinke, Pope und Silbernagel, 2005).

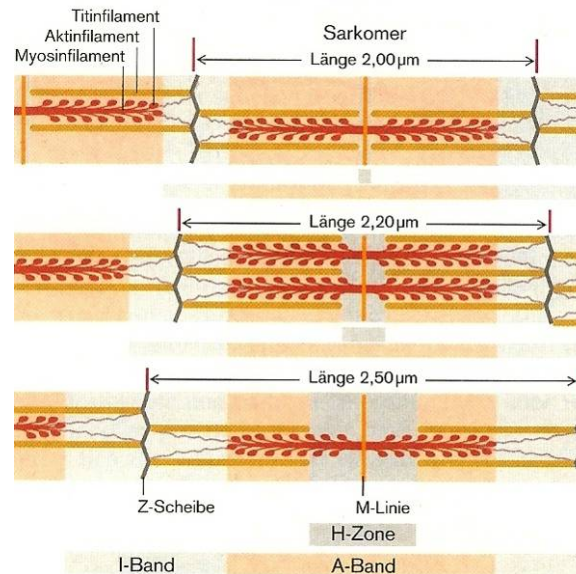


ABBILDUNG 4 LÄNGENÄNDERUNG DES SARKOMERS WÄHREND EINER DEHNUNG NACH KLINKE ET AL. (2005)

Dehnt man einen Muskel, so setzt er der Dehnung einen Widerstand entgegen. Dieser Widerstand ist keine aktive Kontraktionsspannung, sondern eine Ruhespannung (Wiemann und Klee, 2004). Sie entsteht durch elastische Rückstellkräfte des gedehnten Muskels, welche durch die Dehnung der Titinmoleküle produziert werden (Klinke et al. 2005). Die Ruhespannung nimmt mit zunehmender Dehnung exponentiell zu (Wiemann et al., 2004). Lindel (2006) hingegen schreibt den Anstieg des Dehnungswiderstandes vor allem den bindegewebigen Strukturen zu. Dies ist laut (Klee, 2003) jedoch eine veraltete Darstellung. Im Anatomieatlas Physiologie (Thews, Mutschler und Vaupel, 2005) ist das Ausmass der Dehnbarkeit eines Muskels durch elastische Eigenschaften, welche dem Sarkolemm, dem elastischen Bindegewebe zwischen den Muskelfasern und dem Titin zugeschrieben werden, sowie durch plastische Eigenschaften, welche auf die Strukturproteine (Myofibrillen) zurückgeführt werden, bestimmt.

2.4.6 Titin

Für Klee (2006) ist das Titin ein sehr wichtiges Protein in Bezug auf die Dehnung des Muskels. Es ist dafür verantwortlich, dass die Sarkomere nicht bis zum kritischen Punkt, an dem sich Myosin- und Aktinfilamente nicht mehr überlappen, gedehnt werden. Es sorgt zudem für die erneute Einstellung der Ausgangslänge, auch Ruhelänge genannt, nach einer Dehnung. Das Titin macht den drittgrössten Anteil der Proteine des Muskels aus. Ein

Titinfilament besteht aus einem Titinmolekül und erstreckt sich über die Hälfte eines Sarkomers. Die Titinfilamente sorgen bei Lindel (2006) dafür, dass nach einer Dehnung die Ruhelänge des Sarkomers wieder hergestellt wird, indem sie die Myosinfilamente in Richtung Z-Linie zurückziehen. Lindel (2006) geht davon aus, dass jeweils sechs Titinfilamente einem Myosinfilament zugeordnet sind. Wobei laut Klee (2003) deutliche Meinungsunterschiede darüber auftreten. Er geht aufgrund der überwiegenden Anzahl Aussagen in neueren Untersuchungen von drei Titinfilamenten aus.

2.4.7 Aufgabe des Bindegewebes

Van den Berg (2003) schreibt dem Bindegewebe im Muskelbauch die Aufgabe zu, dem Muskelgewebe während der Kontraktion, bei welcher der Muskelbauch anschwillt und dicker wird, sowie bei Dehnung, mechanischen Schutz zu geben. Ebenfalls überträgt es die Kraft der Kontraktion von einer auf die andere Faser, weiter auf die Sehne und letztendlich auf den Knochen, damit Bewegung im Gelenk möglich ist. Da das Bindegewebe laut Lindel (2006) eng mit dem Muskelgewebe verbunden ist, ermöglicht es dessen Zusammenhalt und auch die Verschiebbarkeit sowohl der einzelnen Fasern untereinander als auch des Muskels gegenüber der Umgebung. Auch den Anstieg der Dehnungsspannung schreibt sie dem Bindegewebe zu.

3 Hauptteil

Dieser Teil der Arbeit beschäftigt sich mit den Ergebnissen der Matrizen. Die Resultate werden diskutiert und beurteilt, wobei man die Studien und Reviews in einem ersten Schritt getrennt von einander betrachtet und erarbeitet. Die Inhalte der einzelnen Studien werden zuerst separat dargestellt. Danach entnimmt man ihnen Aussagen und bringt sie in Zusammenhang. Anschliessend werden die wichtigsten Resultate zusammengefasst und zu einer Kernaussage vereint. Das gleiche Procedere wird bei den Reviews durchgeführt, damit auch in diesem Bereich Klarheit herrscht. Ein weiterer Schritt verbindet die Studien und Reviews miteinander und es eröffnet sich eine Diskussion über deren Ergebnisse. Anschliessend lässt sich durch das Formulieren einer Schlussfolgerung die Fragestellung dieser Arbeit beantworten. Der Theorie-Praxis-Transfer und die Integration der Ergebnisse in den physiotherapeutischen Alltag runden den Hauptteil ab.

3.1 Studien

Für die Untersuchung des verletzungsprophylaktischen Effektes des Dehnens vor sportlicher Betätigung wurden vier Studien ausgewählt. Die prospektive Kohortenstudie von Pope et al. von 1998 und die randomisierte Untersuchung von Pope et al. von 2000 weisen keinen Effekt des Dehnens in Zusammenhang mit der Verletzungsprophylaxe auf. Die retrospektive Studie von Cross et al. aus dem Jahr 1999 kann einen signifikanten Unterschied ($p < 0.05$) der Häufigkeit der Verletzungen, aufgrund des durchgeführten Dehnprogramms, feststellen. In der retrospektiven Studie von Amako et al. aus 2003 wurde einerseits eine signifikant tiefere Häufigkeit ($p < 0.05$) der Muskel- und Sehnenverletzungen, sowie der Rückenschmerzen aufgezeigt. Andererseits war die Gesamtverletzungsrate in beiden Gruppen nahezu identisch und auch die Knochen- und Gelenkverletzungen konnten durch statisches Dehnen nicht verhindert werden.

3.1.1 Aufbau Matrix Studien

Für die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den Studien und die Auswertung der Resultate wird mit einer Matrix gearbeitet. Diese setzt sich aus folgenden in Tabelle 1 verwendeten und selbst erarbeiteten Punkten zusammen: A Autor/en und Jahr, B Studiendesign und -typ, C Anzahl Teilnehmer (n), D Datenerhebung, E Definition von Verletzung, F Intervention, G PEDro, H Resultate und I signifikanter positiver Effekt. Ergänzend dienen

die PEDro-Kriterien (vgl. Tabelle 2) Nummer eins, zwei, drei, vier, fünf, acht und neun dazu, die Studien auf ihre Wissenschaftlichkeit hin zu beurteilen. Diese sind eligibility criteria (Zulassungskriterien), random allocation (zufällige Zuteilung), concealed allocation (unabhängige Zuteilung), baseline comparability (vorher vergleichbare Gruppen), adequate follow-up (Nachkontrolle mind. 85% der Teilnehmer), Intention-to-treat analysis (Intention-to-treat Analyse) und Between-group comparison (Vergleich zwischen Gruppen). Vier der elf PEDro-Kriterien werden nicht miteinbezogen, wobei es sich um die Punkte blind subjects (Verblindete Teilnehmer), blind therapists (Verblindete Therapeuten), blind assessors (Verblindete Untersucher) und point estimates and variability (Zentrale Werte und Streuung) handelt.

An dieser Stelle werden die einzelnen Kriterien genauer erläutert. Punkt A verweist auf den oder die Wissenschaftler, welche die Studie durchgeführt haben und zeigt zugleich das Publikationsjahr auf. Je jünger eine wissenschaftliche Studie ist, desto fortgeschrittener und aktueller ist der medizinische Stand des Wissens. Punkt B zeigt auf, welches Studiendesign und welcher -typ in den Untersuchungen verwendet worden sind. Das Kriterium C gibt die genaue Anzahl der Teilnehmer an. Je mehr Probanden an einer Studie teilnehmen, desto aussagekräftiger wird deren Resultat. Das Untersuchungsmerkmal D zeigt auf, wie die Forscher zu den Verletzungsdaten gekommen sind. Punkt E geht darauf ein, wie man eine Verletzung in der jeweiligen Studie definiert und welche Verletzungen von Interesse sind. Das Kriterium F beschäftigt sich mit der Intervention, das heisst der angewandten Dehntechniken und deren genauen Durchführung bezüglich Anzahl Wiederholungen und Dauer des Dehnzuges. Punkt G gibt Aufschluss darüber, wie viele Punkte die jeweilige Studie in den separaten PEDro-Kriterien hat erreichen können. Je mehr Punkte erzielt werden können, desto mehr wissenschaftliche Ansprüche werden erfüllt und als desto höher kann die Aussage dieser Studie bewertet werden. Das Kriterium H fasst die Resultate der einzelnen wissenschaftlichen Studien bezüglich der Anzahl Verletzungen und Wirkung der Intervention zusammen. Abschliessend kann unter Punkt I eingesehen werden, ob ein signifikanter Effekt des Dehnens zur Prophylaxe der definierten Verletzungen vorliegt oder nicht.

PEDro steht für Physiotherapy Evidence Database und wurde vom Centre for Evidence Based Physiotherapy der Universität Sydney begründet. Die PEDro-Skala besteht aus elf Kriterien, welche speziell der Beurteilung von randomisierten, kontrollierten Studien im

Bereich der Physiotherapie dienen, und basiert auf der von Verhagen und Kollegen am Departement für Epidemiologie an der Universität Maastrich entwickelten Delphi Liste.

Im folgenden Text wird näher auf die Anforderungen eingegangen, welche an eine Studie gestellt werden, damit ein PEDro-Kriterium als erfüllt gilt und somit ein Punkt erteilt werden kann. Es lässt sich davon ausgehen, dass Studien, die eine höhere Gesamtpunktzahl in der PEDro-Skala erreichen, eine höhere wissenschaftliche Qualität aufweisen und somit auch eine höhere Relevanz haben. Aussagen dieser Studien können in einer Diskussion stärker gewichtet werden.

Das Kriterium eins verlangt, dass die Zulassungskriterien der Probanden, um an einer Studie teilnehmen zu können, genau beschrieben werden müssen. Um Kriterium zwei zu erfüllen, muss in der Studie erwähnt werden, dass die Zuteilung zufällig erfolgt ist. Die Probanden dürfen demnach nicht absichtlich in die eine oder andere Gruppe eingeteilt werden. Besteht ein quasirandomisiertes Zuteilungsverfahren, wie beispielsweise die Zuteilung aufgrund des Geburtstages, so gilt dieses Kriterium als nicht erfüllt. Bei Kriterium drei wird abgeklärt, ob die Einteilung in die verschiedenen Gruppen von einer unabhängigen Person, welche keinen Bezug zur Studie hat, durchgeführt worden ist. Kriterium vier verlangt, dass die Gruppen vor Beginn der Intervention vergleichbar sind. Um das Kriterium acht zu erfüllen, muss sowohl die ursprüngliche Anzahl der Studienteilnehmer, sowie die Anzahl der Probanden, von welchen man die Messungen am Ende der Studie hat, erwähnt werden. Es dürfen höchstens 15% der Probanden aus der Studie ausscheiden, sonst wird dieser Punkt als nicht erreicht eingestuft. Damit man bei Kriterium neun einen Punkt erteilen kann, muss eine Intention-to-treat Analyse erwähnt werden oder es muss klar zum Ausdruck kommen, dass keine Probanden aus der Studie ausgeschieden sind und man von allen die Daten der Endmessungen erhalten hat. Um Kriterium zehn zu erreichen, ist ein statistischer Vergleich zwischen den Gruppen notwendig. Dies ist abhängig vom Design einer Studie und kann beispielsweise in Form eines Vergleichs der Endmessungen zweier Gruppen oder dem Gegenüberstellen von Wahrscheinlichkeiten, mit denen ein Ereignis eingetroffen ist, durchgeführt werden.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
R. Pope, R. Herbert, J. Kirwan 1998	prospektive Kohortenstudie RCT	1093	-Verletzungen werden den medizinischen Assistenten oder dem Pflegepersonal gemeldet -Weiterleitung an Stabsarzt, wenn Verletzung ernsthaft oder Rekrut unfähig ist aufgrund Verletzung seine Aufgaben während 3 Tage vollumfänglich zu erfüllen -dieser muss dann alle Rekruten in die Studie aufnehmen, welche Definition von Verletzung erfüllen	a) Achillessehnenverletzung b) laterale Fussgelenksverstauchung c) Stressfrakturen von Tibia oder Fuss d) Periostitis der Tibia e) Kompartmentsyndrom der anterioren Tibia	-Interventionsgruppe: dehnen der Wadenmuskeln -exakte Dehnmethode ist abhängig von den Instrukteuren -zwei Dehnübungen à 20 Sek. für den M. gastrocnemius und M. soleus -Kontrollgruppe: dehnen der OE -12 Wochen intensives Training	4/7	-48 Verletzungen (25 in Kontroll-, 23 in Interventionsgruppe) -definitive Evidenz eines Effektes kann nicht gefunden werden ($p=0.76$), wobei Studiengröße zu klein sein könnte, um solchen Effekt aufzuzeigen -Studienergebnisse müssen unter Berücksichtigung der geringen statistischen Relevanz betrachtet werden	Nein
K. Cross 1999	retrospektive Studie	195	-Auswertung der Verletzung wird bei jedem verletzten Spieler durchgeführt -mittels Sammeliste werden am Teamrapport alle Verletzungen des Jahres dokumentiert -keine Begutachtung durch medizin. Personal	-eine muskulotendinöse Zerrung wird als eine akute Verletzung des muskulotendinösen Unit definiert	-in beiden Saisons Kraft- und Konditionstraining -Variablen Kraft, Ermüdung und Aufwärmen in beiden Saisons vergleichbar -1995er Saison durch statisches Dehnprogramm vor dem Konditionstraining ergänzt -Dehnungen Hamstrings, M. quadriceps, Hüftadduktoren, M. gastrocnemius und M. soleus im Stand (jede Seite 3 Mal 15 Sek.)	2/7	-155 Verletzungen in 1994er Saison (27,7% muskulotendinöse Zerrungen der UE) -153 Verletzungen in 1995er Saison (13,7% muskulotendinöse Zerrungen der UE) -X ² Analyse ergibt signifikanten Unterschied ($p>0.05$) der Häufigkeiten der Verletzungen in 1994 und 1995 -muskulotendinöse Zerrungen werden 1995 im Vergleich zu 1994 um 48,8% reduziert	Ja
R. Pope, R. Herbert, J. Kirwan, B. Graham 2000	Randomisierte Untersuchung RCT	1538	-Verletzungen werden den medizinischen Assistenten oder dem Pflegepersonal gemeldet -Weiterleitung an Stabsarzt, wenn Verletzung ernsthaft oder Rekrut unfähig ist aufgrund Verletzung seine Aufgaben während 3 Tage vollumfänglich zu erfüllen -Diagnosestellung durch Stabsarzt und Weiterleitung an Forscher	-jegliche Verletzungen der UE, welche die Rekruten von der Wiederaufnahme des Aufgabenbereiches aufgrund Symptome während 3 Tagen abhalten -Kategorisierung aller Verletzungen nach Lokalisation und Typ	-Interventionsgruppe: Stretchingprogramm für M. gastrocnemius, M. soleus, Hamstrings, Hüftadduktoren und Hüftflexoren während dem Aufwärmen vor physischen Aktivitäten -20 Sek. Dehnzug jeder spezifischen Muskelgruppe bds. -Kontrollgruppe: Aufwärmen ohne Stretching -12 Wochen intensives Training	5/7	-333 Verletzungen der UE (214 Weichteilverletzungen), davon 158 Verletzungen in Stretchinggruppe und 175 in Kontrollgruppe -kein signifikanter Effekt des Stretchings vor den Übungen auf gesamtes Verletzungsrisiko (HR = 0.95, 95% CI 0.77-1.18), Risiko von Weichteilverletzungen (HR = 0.83, 95% CI 0.63-1.09) oder Risiko von Knochenverletzungen (HR = 1.22, 95% CI 0.86-1.76).	Nein
M. Amako, T. Oda, K. Masuoka, H. Yokoi, P. Campisi 2003	retrospektive Studie RCT	901	-Verletzungsdaten aufgrund medizinischer Berichte, Entlassungspapiere durch medizinische Abteilung oder Japan Self-Defense Force Beppu Hospital verfügbar -Daten auf Häufigkeit und Lokalisation der Verletzungen untersucht -Diagnosestellung durch einen der vier orthopädischen Chirurgen	-trainingsbedingtes Ereignis, welches dazu führt, dass das Krankenhaus aufgesucht werden muss -Definition von sechs Gruppen: Knochenverletzung, Muskel-/Sehnen-Verletzungen, Bänderverletzungen, Gelenksverletzungen, Rückenmarksverletzungen und andere	-Interventionsgruppe: vor und nach dem Training statisches Dehnen -18 Übungen: 4 für die OE, 7 für die UE und 7 für den Rumpf -Jede Dehnung während 30 Sek. durchgeführt, komplettes Dehnprogramm 20 Minuten -Kontrollgruppe: ohne spezifischen Auftrag, werden nicht am dehnen gehindert -3 Monate Training	4/7	-114 Verletzungen (58 in Interventions-, 56 in Kontrollgruppe) -Häufigkeit der Muskel-, Sehnenverletzungen, sowie Rückenschmerzen sind signifikant tiefer in der Interventionsgruppe ($p<0,05$) -gesamte Verletzungsrate ist in den beiden Gruppen fast gleich -statisches Dehnen kann Knochen- und Gelenksverletzungen nicht verhindern	Ja / Nein

Tabelle 1 MATRIX STUDIEN

A) Autor und Jahr B) Studiendesign und –typ C) Anzahl Teilnehmer (n) D) Datenerhebung E) Definition von Verletzung F) Intervention G) Pedro H) Resultate I) signifikanter positiver Effekt

A	B	C	D	E	F	G	H
R. Pope, R. Herbert, J. Kirwan	-männliche australische Militärrekruten im Alter zwischen 17 und 35 Jahren -ausgeschlossen: Rekruten, welche vor Beginn der Rekrutenschule eine Verletzung erlitten haben	-quasi-randomisiertes Zuordnungsverfahren auf Basis der Voramen	-Rekruten durch Militärpersonal ohne Rücksicht auf Studie in Gruppen eingeteilt	-beide Gruppen bestehen aus australischen Militärrekruten im Alter zwischen 17 und 35 Jahren	-162 Probanden (15% von 1093) werden vor dem Ende des Trainingsprogramms oder bevor sie einer der 5 interessantesten Verletzungen erlitten haben, entlassen -davon 98 aus Interventions- und 64 aus Kontrollgruppe -weitere 48 Probanden (4%) sind aus Kontrollgruppe ausgeschieden	-	-Hazard Ratio (Verletzungsrate der Interventionsgruppe dividiert durch Verletzungsrate der Kontrollgruppe) 0.92 (95% CI 0.52 - 1.61) -Dehnungen Wadenmuskulatur mindern das Risiko der 5 definierten Verletzungen nicht → zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied im Verletzungsrisiko
K. Cross	-Division III College Football Spieler	-nur 1 Gruppe aufgrund Studiendesign, welche in zwei Saisons mit unterschiedlichen Bedingungen (1994 ohne, 1995 mit Dehnprogramm) trainieren	-nur 1 Gruppe aufgrund Studiendesign	-nur 1 Gruppe aufgrund Studiendesign -Division III College Football Spieler (mean ht = 177.9cm ± 6.25 cm; mean wt = 93.49 ± 18.5kg; mean age 18.6 ± 1.5 years) der 1994er und 1995er Saison	-	-	-in 1994 155 Verletzungen (27,7% muskulotendinöse Zerrungen der UE) -in 1995 153 Verletzungen (13,7% muskulotendinösen Zerrungen der UE) -X ² Analyse ergibt signifikanten Unterschied (p>0.05) der Häufigkeiten der Verletzungen in 1994 und 1995 -muskulotendinöse Zerrungen werden 1995 im Vergleich zu 1994 um 48,8% reduziert
R. Pope, R. Herbert, J. Kirwan, B. Graham	-keine signifikanten Verletzungen in der Vorgeschichte -gute Allgemeinverfassung -Alter zwischen 17 und 35 Jahren -psychologische Angemessenheit	-randomisierte Zuteilung -Zuordnungsverfahren auf Basis der Voramen (→ quasi-randomisiert)	-Rekruten durch Militärpersonal ohne Rücksicht auf Studie in Gruppen eingeteilt	in beiden Gruppen erfüllt: -keine signifikante Verletzungen in der Vorgeschichte -gute Allgemeinverfassung -Alter zwischen 17 und 35 Jahren -psychologische Angemessenheit	-von 1538 Probanden werden 170 (11%; 69 aus Interventions-, 101 aus Kontrollgruppe) entlassen oder haben in andere Ausbildung gewechselt -89 Rekruten (5,8%; 46 aus Kontroll-, 43 aus Interventionsgruppe) sind verlegt worden -weitere 94 Probanden (6,1%; alle aus Kontrollgruppe) sind ausgeschieden	-bei abberufenen Rekruten wird Intention-to-treat Analyse durchgeführt	-Hazard Ratio 0.95 (95% CI 0.77-1.18) → zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied im Verletzungsrisiko
M. Amako, T. Oda, K. Masuoka, H. Yokoi, P. Campisi	-gesunde männliche japanische Rekruten im Alter zwischen 18-25 Jahren	-randomisierte Zuteilung	-	in beiden Gruppen erfüllt: -Durchschnitt 19 Jahre alt (18-25 Jahre) -physische Untersuchung durchgeführt am Anfang des Militärtrainings -alle Rekruten sind gesund und haben keine physischen Probleme	-	-	-Chi-square Analyse zu Verletzungen durchgeführt, um signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen festzustellen -ein p<0.05 wird als signifikant erachtet -gesamte Verletzungsrate in den Gruppen fast gleich -Verletzungsrate von Muskel- und Sehnenverletzungen in Interventionsgruppe signifikant tiefer (p<0.05) -Knochenverletzungen können nicht gemindert werden

Tabelle 2 ANGEPASSTE PEDRO-KRITERIEN

A) Autor/en B) Zulassungskriterien C) Randomisierung D) Unabhängige Randomisierung E) Vorher vergleichbare Gruppen F) Nachkontrolle (mind. 85% der Teilnehmer) G) Intention-to-treat Analyse H) Vergleich zwischen Gruppen
Kursiv geschriebene Kriterien werden als nicht erreicht bewertet.

3.1.2 Präsentation Studien

Im folgenden Abschnitt werden die einbezogenen Studien einzeln vorgestellt. Dabei wird auf die wichtigsten Aspekte eingegangen sowie die Wissenschaftlichkeit der Untersuchungen anhand der PEDro-Kriterien beurteilt. Hierfür werden die eigens ausgearbeitete Matrix (vgl. Tabelle 1) und die angepasste PEDro-Skala (vgl. Tabelle 2) als Grundlage verwendet.

3.1.2.1 A) EFFECTS OF ANKLE DORSIFLEXION RANGE AND PRE-EXERCISE CALF MUSCLE STRETCHING ON INJURY RISK IN ARMY RECRUITS

Pope, Herbert und Kirwan haben 1998 eine prospektive Kohortenstudie mit 1093 männlichen australischen Militärrekruten im Alter zwischen 17 und 35 Jahren herausgegeben. Ein quasirandomisiertes Zuordnungsverfahren auf Basis der Vornamen wird für die Einteilung der Probanden in die Interventions- (549 Teilnehmer) und Kontrollgruppe (544 Teilnehmer) vorgenommen. Die Rekruten werden vom Militärpersonal, demzufolge einer unabhängigen Person, in Gruppen eingeteilt. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt beim Effekt der Wadendehnung in Bezug auf das Verletzungsrisiko. Dabei hat sich die Interventionsgruppe auf die Dehnung des M. gastrocnemius und M. soleus zu konzentrieren. Es werden je zwei Dehnübungen während 20 Sekunden ausgeführt. Verletzungen werden dem medizinischen Assistenten oder dem Pflegepersonal gemeldet. Wenn es sich um eine ernsthafte Verletzung handelt oder der Rekrut unfähig ist, während drei Tagen seine Aufgaben vollumfänglich zu erfüllen, erfolgt eine Weiterleitung an den Stabsarzt. Es werden ausschliesslich Achillessehnenverletzungen, laterale Fussgelenksverstauchungen, Stressfrakturen der Tibia oder des Fusses, Periostitis der Tibia und Kompartmentsyndrome der Tibia erhoben. Während des 12-wöchigen Trainingsprogramms haben sich 48 Verletzungen ereignet, welche der Definition entsprechen. Davon sind 25 in der Kontrollgruppe und 23 in der Stretchinggruppe vorgekommen. Der Hazard Ratio (Verletzungsrate der Interventionsgruppe dividiert durch die Verletzungsrate in der Kontrollgruppe) beträgt 0.92 (95% CI 0.52-1.61). Dies besagt, dass das Verletzungsrisiko in der Stretchinggruppe im Verhältnis zur Kontrollgruppe nicht massgeblich gemindert werden konnte. Eine definitive Evidenz des Effektes, dass Stretching vor sportlicher Betätigung das Verletzungsrisiko senkt, kann nicht gefunden werden ($p=0.76$).

3.1.2.2 B) EFFECTS OF A STATIC STRETCHING PROGRAM ON THE INCIDENCE OF LOWER EXTREMITY MUSCULOTENDINOUS STRAINS

Cross und Worrell haben 1999 eine retrospektive Studie mit 195 Teilnehmern veröffentlicht. Untersucht wird die Häufigkeit von Muskel- und Sehnenzerrungen bei einem Division III College Football Team. Der Durchschnitt der Probanden ist $177.9\text{cm} \pm 6.25\text{cm}$ gross, $93.49\text{kg} \pm 18.5\text{kg}$ schwer und $18.6\text{ Jahre} \pm 1.5\text{ Jahre}$ alt. In dieser Studie hat weder eine Randomisierung, noch eine unabhängige Randomisierung stattgefunden, da dies aufgrund des Studiendesign nicht möglich gewesen ist. Es gibt eine Gruppe von Proban-

den, welche unter verschiedenen Bedingungen in der 1994er und 1995er Saison trainiert. Der Vergleich der Resultate wird in Bezug auf die beiden Saisons gemacht und betrifft immer dasselbe Team. Die beiden Jahre sind bezüglich des Kraft- und Konditionstraining, sowie der Variablen Kraft, Ermüdung und Aufwärmen vergleichbar. Als einziger Unterschied wird die 1995er Saison durch ein statisches Dehnprogramm ergänzt. Die Hamstrings, der M. quadriceps, die Hüftadduktoren, der M. gastrocnemius und der M. soleus werden auf jeder Seite dreimal 15 Sekunden gedehnt. Die Definition einer Muskel- oder Sehnenzerrung entspricht einer akuten Verletzung der muskulotendinösen Einheit, welche eine verminderte Funktion und Absenz des Trainings von mindestens einem Tag zur Folge hat. Mittels einer Sammeliste werden am Teamrapport alle Verletzungen des Jahres dokumentiert. 1994 haben sich gesamthaft 155 Verletzungen ereignet (davon 27.7% Muskel- und Sehnenverletzungen) und in der 1995er Saison hat man 153 Verletzungen gezählt (davon 13.7% Muskel- und Sehnenverletzungen). Eine X^2 Analyse ergibt eine signifikante Reduktion ($p < 0.05$) zwischen den Häufigkeiten aller Verletzungen in 1994 und 1995. Muskel- und Sehnenzerrungen sind 1995 im Vergleich zu 1994 um 48,8 % reduziert worden.

3.1.2.3 C) A RANDOMIZED TRIAL OF PREEXERCISE STRETCHING FOR PREVENTION OF LOWER-LIMB INJURY

Im Jahr 2000 haben Pope et al. eine randomisierte Untersuchung mit 1538 männlichen australischen Rekruten im Alter zwischen 17 und 35 Jahren publiziert. Die Studie erforscht den Effekt von Muskeldehnungen während des Aufwärmens in Bezug auf das Verletzungsrisiko. Die Probanden werden durch ein randomisiertes Zuteilungsverfahren, auf Basis der Vornamen, in eine Interventions- (735 Teilnehmer) und Kontrollgruppe (803 Teilnehmer) eingeteilt. Die Zuteilung wird von einem Militärmitglied durchgeführt, wodurch man von einer unabhängigen Randomisierung ausgehen kann. In der Interventionsgruppe wird während dem Aufwärmen vor physischen Aktivitäten ein Dehnprogramm für den M. gastrocnemius, den M. soleus, die Hamstrings, die Hüftadduktoren und die Hüftflexoren durchgeführt. Jeder Dehnzug wird während 20 Sekunden auf beiden Seiten gehalten. Die Kontrollgruppe übt ein Aufwärmen ohne Dehnprogramm aus. Die Datenerhebung findet statt, indem jede Verletzung den medizinischen Assistenten oder dem Pflegepersonal gemeldet werden muss. Ist eine Verletzung gravierend oder kann ein Proband seine Aufgaben während drei Tagen nicht ohne Symptome verrichten, wird er an den Stabsarzt

weitergeleitet. Jenen Rekruten stellt er eine Diagnose und verweist sie weiter an die Forscher. Als Verletzung gilt, wenn die Studienteilnehmer von einer Wiederaufnahme ihrer Aufgaben während drei Tagen, aufgrund von Symptomen, abgehalten werden. Der Stabsarzt kategorisiert alle Verletzungen nach Lokalisation und Typ. Die Unterteilung der Lokalisation erfolgt in Fuss, Fussgelenk, Tibia, Fibula, Tibiofemoralegelenk, Patellofemoralegelenk, Femur, Hüftgelenk, Sakroiliakgelenk, Ramus Pubis, Pubis, Ilium, Ischium, Symphysis Pubis, Unterschenkel und Oberschenkel (beide nicht knöchern). Die Verletzungstypen werden eingeteilt in Knochenverletzungen, Bänderzerrung, Muskelzerrung, Gelenksschmerz oder -dysfunktion (artikulär), Tendonitis, Kompartmentsyndrom, Meniskusverletzung oder anderen Weichteilverletzungen, wie zum Beispiel Bursitis. Während der 12-wöchigen Rekrutenschule werden 333 Verletzungen der unteren Extremitäten registriert, wovon sich 175 in der Kontroll- und 158 in der Stretchinggruppe ereignet haben. Es kann kein signifikanter Effekt des Stretchings in Bezug auf das gesamte Verletzungsrisiko (HR=0.95, 95% CI 0.77-1.18), das Risiko von Weichteilverletzungen (HR=0.83, 95% CI 0.63-1.09) oder das Risiko von Knochenverletzungen (HR=1.22, 95% CI 0.86-1.76) aufgezeigt werden. Dies verdeutlicht, dass die Dehnungen das Verletzungsrisiko in der Interventions- im Verhältnis zur Kontrollgruppe nicht massgeblich gesenkt haben.

3.1.2.4 D) EFFECT OF STATIC STRETCHING ON PREVENTION OF INJURIES FOR MILITARY RECRUITS

Amako et al. haben 2003 eine retrospektive Studie mit 901 männlichen japanischen Rekruten im Alter zwischen 18 und 25 Jahren, die bei guter Gesundheit waren, veröffentlicht. Ein randomisiertes Zuteilungsverfahren dient der Einteilung der Probanden in eine Interventionsgruppe mit 518 Studienteilnehmern und eine Kontrollgruppe mit 383 Rekruten. Da man der Studie keine Angaben über eine unabhängige Randomisierung entnehmen kann, muss davon ausgegangen werden, dass das Zuteilungsverfahren nicht durch eine Drittperson ausgeführt worden ist. Die Fragestellung der Untersuchung beschäftigt sich mit der verletzungsprophylaktischen Wirkung von statischem Stretching in Bezug auf Sportverletzungen bei Militärrekruten. Dazu wird die Interventionsgruppe aufgefordert vor und nach dem Training ein statisches Dehnprogramm auszuführen. Dieses beinhaltet 18 verschiedene Übungen, wovon sich vier auf die obere Extremität, sieben auf den Rumpf und weitere sieben auf die untere Extremität beziehen. Jede

Dehnung wird während 30 Sekunden ausgeführt und das komplette Dehnprogramm dauert 30 Minuten. Die Kontrollgruppe erhält keinen spezifischen Auftrag, sie wird jedoch auch nicht am Dehnen gehindert. Die Verletzungsdaten entnehmen die Forscher den medizinischen Berichten und Entlassungspapieren, welche durch die medizinische Abteilung vor Ort und das Japan Self-Defense Force Beppu Hospital erstellt werden. Die Wissenschaftler untersuchen diese Daten hinsichtlich der Häufigkeit, der Lokalisation, sowie dem Zeitpunkt der Verletzungen. Jede Diagnose muss durch einen der orthopädischen Chirurgen des Spitals gestellt werden. Verletzungen definiert man als ein trainingsbedingtes Ereignis, welches dazu führt, dass das Krankenhaus aufgesucht werden muss. Die Diagnosen der Verletzungen werden in sechs Gruppen kategorisiert. Diese sind Knochenverletzungen, Muskel- und Sehnenverletzungen, Bänderverletzungen, Gelenksverletzungen, Rückenmarksverletzungen und andere. Während der Studienzeit von zwei Jahren sind insgesamt 114 Verletzungen, welche der Definition entsprechen, gezählt worden. 58 Verletzungen haben sich in der Stretchinggruppe ereignet, was 11.2% der Teilnehmer dieser Gruppe entspricht. In der Kontrollgruppe haben sich 14.1% der Probanden eine Verletzung zugezogen, was 56 Vorfälle der definierten sechs Verletzungen beträgt. Obwohl dies zeigt, dass die Gesamtverletzungsrate in der Stretchinggruppe leicht niedriger ausfällt, lässt sich kein statistisch signifikanter Unterschied ($X^2=2.337$; $p=0.12$) feststellen. Die Muskelverletzungsrate ist in der Interventionsgruppe mit 2.5% im Vergleich zu der Kontrollgruppe mit 6.9% signifikant tiefer ($X^2=6.170$; $p<0.05$). Sowie auch die Häufigkeit der Rückenmarksverletzungen ($X^2=4.590$; $p<0.05$) und diejenige der Sehnenverletzungen ($p<0.05$) in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant tiefer sind. In Bezug auf die Knochen- und Gelenksverletzungen hat das statische Dehnprogramm keine präventive Wirkung.

3.1.3 Diskussion Studien

Vergleicht man die Studien anhand der Publikationsjahre, so schneidet die Untersuchung von Amako et al. aus dem Jahr 2003 am besten ab. Dies kann, im Sinne der Aktualität des medizinischen Wissensstandes zum Zeitpunkt der Publikation, als positiv bewertet werden. Die Studie von Pope et al. aus dem Jahr 2000 hat mit 1538 Probanden die grösste Teilnehmerzahl, wodurch diese Studienergebnisse als repräsentativer und aussagekräftiger angesehen werden können. Die Datenerhebung der untersuchten Studien hat in Form einer Diagnosestellung und dem damit verbundenen Entscheid über den Einbezug oder

die Ausschliessung einer Verletzung in die Studie stattgefunden. Diese wird idealerweise von Drittpersonen, also weder den Untersuchern, noch den Probanden selbst, vorgenommen. Bei den Studien von Pope et al. aus dem Jahr 2000, sowie Amako et al. (2003) und Pope et al. von 1998 ist dies der Fall. In der Studie von Cross et al. (1999) wird der Prozess der Datenerhebung ungenügend erläutert, wodurch nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Diagnosestellung durch eine Drittperson erfolgt ist.

Geht man näher auf die Definition der Verletzung der einzelnen Studien ein, so sollte erwähnt werden, dass sich die Forschungsfragen nicht auf die gleichen Verletzungen konzentriert haben und die Eingrenzung der Thematik unterschiedlich angegangen wurde. So lassen sich die Studien diesbezüglich nicht direkt miteinander vergleichen. Es lässt sich jedoch die Frage stellen, ob die Definition, der in die Studie eingeschlossenen Verletzungen, in Bezug auf die Forschungsfragen, relevant ist. In den Untersuchungen von Pope et al. aus dem Jahr 1998, Cross et al. (1999) und Pope et al. von 2000, findet sich eine, in Bezug auf die Forschungsfrage, stimmige Definition der Verletzung. Zudem wird die Auswahl der definierten Verletzungen mittels einer detaillierten Begründung genauer verdeutlicht. In der Studie von Amako et al. aus dem Jahr 2003 stimmt diese insofern mit der Forschungsfrage überein, da sie ein breites Spektrum an Verletzungen abdeckt. Eine Eingrenzung der Definition, auf die für Militärrekruten relevanten Verletzungen, hätte die Untersuchung spezifischer gemacht.

Bei den Interventionen der ausgewählten vier Studien, handelt es sich immer um eine Dehnung. Umgesetzt wurde diese durch verschiedene Dehntechniken, wie beispielsweise dem statischen Dehnen. Aufgrund dieser Tatsache lassen sich die Studien diesbezüglich nicht direkt miteinander vergleichen. Eine Wertung der Untersuchungen, hinsichtlich der Übereinstimmung der Intervention mit der Fragestellung, wird hier angewendet. Dieser Anspruch wird von allen vier Studien erfüllt. Vergleicht man die Studien bezüglich der erreichten Gesamtpunktzahl aus den PEDro-Kriterien, so schneidet die Studie von Pope et al. (2000) mit fünf von sieben möglichen Punkten am besten ab. Die Untersuchungen von Pope et al. (1998) und Amako et al. aus dem Jahr 2003 schliessen mit je vier Punkten am zweitbesten ab, gefolgt von der Untersuchung von Cross et al. (1999) mit lediglich zwei Punkten. Je mehr Punkte eine Studie in den PEDro-Kriterien erzielen kann, desto mehr wissenschaftlichen Ansprüchen wird sie gerecht und als desto valider kann deren Aussage erachtet werden.

Vergleicht man die vier Studien anhand der ausgewählten PEDro-Kriterien, so ist bei den Zulassungskriterien der Probanden zur Studie zu erwähnen, dass die Untersuchungen nicht direkt miteinander verglichen werden können. Wichtiger ist dabei, dass sie stimmig in Bezug auf die Fragestellung sind und ganz grundsätzlich in einer Studie definiert werden. Dies ist bei jeder der vier Untersuchungen der Fall. Damit das Kriterium B als erfüllt angesehen werden kann, muss die Zuteilung der Probanden in die Interventions- und Kontrollgruppe randomisiert, das heisst zufällig, erfolgen. Von den untersuchten vier Studien wird nur in der Untersuchung von Amako et al. von 2003 eine randomisierte Zuteilung beschrieben, wobei nicht näher auf das Verfahren eingegangen wird. In der Studie von Pope et al. (2000) wird ebenfalls von einer randomisierten Zuordnung gesprochen, doch muss eine Zuteilung auf Basis der Vornamen streng genommen als quasirandomisiert betrachtet und folglich kann kein Punkt erteilt werden. Zudem deklariert die Untersuchung von Pope et al. aus 1998 ihre Zuteilung auf Basis der Vornamen auch als quasirandomisiert. Bei der Studie von Cross et al. (1999) kann aufgrund des Studiendesigns keine Randomisierung durchgeführt werden. Lediglich in den Untersuchungen von Pope et al. (1998) und Pope et al. (2000) wird die Einteilung der Probanden in die Interventions- und Kontrollgruppe als unabhängig, sprich von einer Drittperson durchgeführt, beschrieben. In der Untersuchung von Amako et al. (2003) wird dies nicht beschrieben und in der Studie von Cross et al. (1999) ist eine unabhängige Zuteilung aufgrund des Studiendesigns nicht durchführbar gewesen. Bei der Qualifizierung der Studien anhand des Kriteriums der vorher vergleichbaren Gruppen ist zu erwähnen, dass die Interventions- und Kontrollgruppe umso ähnlicher werden, je stärker die Population vor der Randomisierung eingegrenzt und definiert ist. Die Untersuchung von Amako et al. aus 2003 kann, durch die Limitierung des Alters der Teilnehmer zwischen 18 und 25 Jahren, eine engere Selektion vorweisen, als die Studien von Pope et al. (1998) und Pope et al. (2000) mit einer Alterseingrenzung von 17 bis 35 Jahren.

Einzig die Untersuchungen von Pope et al. (1998) und Pope et al. (2000) deklarieren die genaue Anzahl der Probanden, welche bis zum Schluss an der Studie teilgenommen haben. Jedoch können beide die Dropout-Rate von maximale 15% mit 19% in der Studie von Pope et al. (1998) und 22,9% in derjenigen von Pope et al. (2000) nicht erfüllen. Die Durchführung einer Intention-to-treat Analyse wird lediglich in der Untersuchung von Pope et al. aus dem Jahr 2000 erwähnt. Bei den anderen drei Studien findet man diesbezüglich

keine Angaben und es ist auch nicht ersichtlich, ob von allen Probanden die Anfangs- und Schlussresultate vorhanden sind. Es ist wichtig, dass in jeder Studie ein Vergleich der Resultate der Gruppen vorgenommen wird. Dieses Kriterium kann von allen Untersuchungen erfüllt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die retrospektive Studie von Cross et al. (1999) als einzige einen Effekt des Dehnens in Zusammenhang mit der Verletzungsprophylaxe aufweisen kann. Betrachtet man die Anzahl erfüllter Kriterien der PEDro-Skala, so erkennt man, dass diese Studie lediglich zwei von sieben mögliche Punkte erreicht. Zudem fällt auf, dass diese Studie markant weniger Teilnehmer als die anderen drei Untersuchungen aufweist. Im Gegensatz dazu haben die Studien von Pope et al. (1998) und Pope et al. (2000), mit vier und fünf der sieben möglichen Punkte, höhere Punktzahlen in den PEDro-Kriterien erreicht. Sie weisen zudem mit 1093 und 1538 Probanden die höchsten Teilnehmerzahlen auf.

Die Studie von Amako et. al. erreicht mit vier von sieben möglichen Punkten der PEDro-Kriterien ebenfalls eine gute Gesamtpunktzahl. Negativ zu bewerten ist, dass man der Studie keinerlei Hinweise auf die Unabhängigkeit der Randomisierung entnehmen kann. In unserer Auswahl der Studien hat sie das jüngste Publikationsjahr, was im Sinne der Aktualität als positiv zu werten ist. Einerseits zeigt die Studie in Bezug auf die Muskel- und Sehnenverletzungen, sowie die Rückenschmerzen eine signifikant tiefere Häufigkeit ($p < 0.05$) von Verletzungen in der Interventions- im Vergleich zu der Kontrollgruppe. Andererseits kann sie in Bezug auf die Gesamtverletzungsrate und das Vermeiden von Knochen- und Gelenksverletzungen keinen positiven Effekt des Dehnens aufzeigen, wodurch keine eindeutige Aussage zu der Effektivität von Muskeldehnungen bezüglich Sportverletzungen gemacht werden kann.

Hinsichtlich der aufgestellten Kriterien zur Beurteilung und zum Vergleich der ausgewählten vier Studien, schneidet die Untersuchung von Pope et al. (2000) am besten ab. Es folgen die Studien von Pope et al. (1998) und Amako et al. (2003). Am wenigsten Anforderungen erfüllt die Untersuchung von Cross et al. (1999). Daraus kann man schliessen, dass die Studie von Pope et al. (2000) die meisten wissenschaftlichen Ansprüche erfüllt und die Aussage dieser Studie, im Vergleich mit den anderen drei, die höchste Validität aufweist. Folglich lassen sich die Resultate der Studie von Pope et al.

(2000) am stärksten gewichten. Beim Betrachten des Nachweises eines positiven signifikanten Effektes jeder einzelnen Studie stellt man fest, dass diejenige Studie, welche am wenigsten der vorgegebenen wissenschaftlichen Kriterien erfüllt, einen positiven signifikanten Effekt aufweist. Die Studie, welche am meisten wissenschaftliche Ansprüche erfüllt, kann keinen signifikanten Effekt des Dehnens auf das Verletzungsrisiko feststellen. Dadurch zeichnet sich die Tendenz ab, dass Dehnen vor sportlicher Betätigung keinen prophylaktischen Effekt für Verletzungen im Bereich der unteren Extremitäten hat. Diese Aussage muss aufgrund der Tatsache, dass die Population in allen vier Studien fast ausschliesslich aus sportlichen jungen Männern bestanden hat und damit keine Generalisierung auf die gesamte Bevölkerung möglich ist, relativiert werden.

3.2 Reviews

Im Folgenden werden sieben Reviews zur Wirkung des Dehntrainings als Verletzungsprophylaxe miteinander verglichen, deren Veröffentlichungen zwischen 1999 und 2008 liegen. Obwohl keine Sprachlimitation bei der Datenrecherche gegeben ist, sind ausschliesslich englisch publizierte Übersichtsarbeiten miteinbezogen worden. In allen Reviews, ausser in jenem von Shrier (1999), sind valide Assessmentkriterien zur Studienqualität der ausgewählten Primärstudien vorhanden. Die Resultate der Übersichtsarbeiten fallen sehr ähnlich aus und können keine signifikante, positive Wirkung bei der Verletzungsprophylaxe der unteren Extremitäten aufzeigen. Oft wird die ungenügende Qualität der Studien kritisiert, wodurch die Formulierung von abschliessenden Aussagen über die Effizienz der Dehnübungen bezüglich Verletzungsprophylaxe erschwert wird. Weitere kritische Aspekte bei der Beantwortung der gestellten Fragestellung sind die zusätzlichen Interventionen, unterschiedliche Definitionen einer Verletzung sowie die ausgewählten Dehntechniken der einzelnen Studien.

3.2.1 Aufbau Matrix Reviews

In der nachstehenden Matrix (vgl. Tabelle 3) sind die eigens erarbeiteten Kriterien zur Beurteilung der Reviews ersichtlich. Wie in der Matrix der Studien (siehe Tabelle 1), sind auch hier die Punkte A als Autor/en und Jahr sowie C als Anzahl Teilnehmer verwendet worden. Zusätzlich gibt der Punkt B der Tabelle 3 Auskunft über die Anzahl verglichener Studien in einem Review. Unter Punkt D werden die Ein- und Ausschlusskriterien genannt, welche die Autoren der Reviews vorgeben. Punkt E zeigt, ob valide Assessmentkriterien

zur Beurteilung der Studienqualität vorhanden sind. Unter F sind die Jahrgänge der verwendeten Studien ersichtlich und G vermerkt die Verzerrungen der Resultate. Die Resultate werden in Punkt H beschrieben und I gibt Aufschluss darüber, ob die Schlussfolgerung der Studie einen signifikanten verletzungsprophylaktischen Effekt besagt.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
I. Shrier 1999	12 2 RCT's, 1 pseudo-RCT, 3 prospektive Kohortenstudien (1 Jahr), 6 Querschnittstudien	6513 und 5 High-School Football Teams	-Englisch oder Französisch -bezüglich Dehnen und Muskelverletzungen -klinische und wissenschaftlich basierte Artikel -Dehnung direkt vor Sport -Kontrollgruppe vorhanden	-	1983, 1983, 1983, 1984, 1986, 1987, 1989, 1989, 1990, 1992, 1993, 1995	-viele zusätzliche Interventionen -nur englische und französische Artikel	-Effekt der einzelnen Studien bezüglich Dehnen vor Sport: 4x positiver Effekt 5x kein Unterschied 3x negativer Effekt	Nein
E. Yeung, S. Yeung 2001	5 RCT's 2 davon cluster randomisiert	5103	-randomisiert oder quasirandomisiert -kontrolliert -alle Sprachen -über Strategien zur Prävention von Verletzungen des Weichteilgewebes der unteren Extremitäten bei Läufern -Geschlecht nicht relevant -Alter der TN zwischen Adoleszenz bis mittleren Alters -Messungen mit Bezug zur Klinik (nicht nur laborbasierte Messungen) -keine chirurgischen Eingriffe -nicht ausschliesslich Stressfrakturen	Ja	1974, 1993, 1998, 1999, 2000	-wenig weibliche TN -viele Militärrekruten -zusätzliche Interventionen	-Evidenz ungenügend um Effizienz der Dehnübungen bezüglich Verletzungsprophylaxe aufzuzeigen -1x positiver Effekt -4x negativer/kein Effekt	Nein
R. Herbert, M. Gabriel, 2002	2 cluster randomisiert	2630 (1284 Dehn-, 1346 Kontrollgruppe)	-randomisiert oder quasirandomisiert -Englisch -Dehnung unmittelbar nach oder vor dem Sport	Ja	1998, 2000	-nur Männer -nur Militärrekruten -nur englische Artikel	-Verringerung des Verletzungsrisikos der UE in Dehngruppe um 5% → statistisch nicht signifikant	Nein
S. Weldon, R. Hill, 2003	7 4 RCT's 3 CCT's	-	-randomisierte klinische Studien (RCT's) und kontrollierte klinische Studien (CCT's) -Untersuchung des Dehnens als präventive Massnahme von Verletzungen (zusätzliche Interventionen erlaubt) -veröffentlicht ab 1970 -Volltext vorhanden	Ja	1983, 1992, 1993, 1998, 1999, 1999		-3x negativer/kein Effekt (RCT's) -4x positiver Effekt (1x RCT, 3x CCT's)	Nein
S. Thacker, J. Gilchrist, D. Stroup, C. Kimsey, 2004	6 3 randomisierte Studien, 2 prospektive Kohortenstudien, 1 retrospektive Querschnittstudie	5901 und 5 High-School Football Teams	-in allen Sprachen -randomisiert oder Kohortenstudien -kontrolliert -Interventionen beinhalten Stretching -TN, die Sport- oder Fitnessaktivitäten betreiben	Ja	1974, 1992, 1998, 1999, 1999, 2000	-da kein signifikanter Unterschied gefunden worden ist, hat man den Publikations-Bias nicht geprüft	-kein signifikanter Zusammenhang von Dehnen mit Verringerung der Verletzungen (OR=0.93, CI 0.78-1.11, p=0.43)	Nein
S. Aaltonen, H. Karjalainen, A. Heinonen, J. Parkkari, U. Kujala, 2007	3	3052	-Englisch -randomisiert oder quasirandomisiert -kontrolliert -Veröffentlichung vor Jan. 2006 -relevant -Bericht über Anzahl Verletzungen oder Anzahl verletzter Personen -Protokoll über Interventionen -Ergebnisse genau beschrieben -untersucht Effekte von präventiven Interventionen bezüglich Sportverletzungen	Ja	1993, 1998, 2000	-zusätzliche Interventionen -nur englische Artikel	-keine Studie mit verletzungsprophylaktischem Effekt -aufgrund ungenügender Qualität der RCT's keine deutliche Aussage über Auswirkung des Dehnens möglich	Nein
K. Small, L. Mc Naughton 2008	7 4 RCT's 3 CCT's	4446 und 5 High-School Football Teams	-RCT's und CCT's, die statisches Stretchen als Verletzungsprophylaxe untersuchen -TN zwischen 18 und 48 Jahre -Geschlecht nicht relevant -Mindestteilnehmerzahl 20 Personen -zwischen 1990 bis 2008 veröffentlicht	Ja	1992, 1993, 1998, 1999, 1999, 2000, 2003	-wahrscheinlich nur männliche TN	-1x positiver Effekt (CCT) -6x negativer/kein Effekt (4x RCT, 2xCCT)	Nein

Tabelle 3 MATRIX REVIEWS

A) Autor/en und Jahr B) Anzahl verglichener Studien betreffend Dehnen, Studientypen C) Anzahl Teilnehmer (n) D) Ein- und Ausschlusskriterien der ausgewählten Artikel E) valide Assessmentkriterien zur Studienqualität vorhanden und beschrieben F) Jahrgang der verwendeten Studien G) Verzerrung der Resultate, Bias H) Resultate I) Schlussfolgerung: signifikanter, positiver Effekt Ja/Nein

3.2.2 Präsentation Reviews

Nachfolgend werden alle sieben ausgewählten Reviews einzeln vorgestellt und die wichtigsten Aspekte dargestellt. Als Grundlage für die Analysierung der wissenschaftlichen Arbeiten dient die eigens erarbeitete und oben vorgestellte Matrix (vgl. Tabelle 3).

3.2.2.1 A) EFFECTS OF STRETCHING BEFORE AND AFTER EXERCISING ON MUSCLE SORENESS AND RISK OF INJURY: SYSTEMATIC REVIEW

Herbert und Gabriel haben im Jahr 2002 einen Artikel veröffentlicht, in welchem sie sieben Studien zur Effektivität des Stretchings vor und nach Aktivitäten in Bezug auf Muskelkater und Verletzungsrisiko untersuchen. Die Analyse basiert, in Bezug auf das Verletzungsrisiko, lediglich auf zwei kontrollierten und randomisierten Studien von Pope et al. (1998) und Pope et al. (2000). Diese werden anhand der PEDro-Skala beurteilt. Die ältere Studie von Pope et al. (1998) schneidet mit drei von zehn Punkten deutlich schlechter ab, als die neuere von Pope et al. (2000) mit einer Gesamtpunktzahl von sieben. Beide Studien bestehen aus Militärrekruten und somit ausschliesslich aus Männern. Die Personen werden in zwei Gruppen, die Interventions- beziehungsweise Kontrollgruppe, eingeteilt. Jeder Teilnehmer führt über zwölf Wochen jeden zweiten Tag körperliche Aktivitäten durch. Die Untersuchung im Jahr 1998 zählt 1093 Teilnehmer. Die Probanden der Interventionsgruppe dehnen unter Aufsicht, jeweils vor den Aktivitäten beidseits die Wadenmuskulatur. Die zweite Untersuchung von Pope et al. (2000) zählt 1538 Teilnehmer. Die Interventionsgruppe führt Dehnungen an sechs Muskelgruppen der unteren Extremitäten durch. Das Verletzungsrisiko (HR=0.92, 95% CI 0.52-1.16) ist in der Untersuchung von Pope et al. aus dem Jahr 1998 ähnlich, wie jenes von Pope et al. aus dem Jahr 2000 (HR=0.95, 95% CI 0.77-1.18). Die Differenz der Resultate ergibt sich dadurch, da in einer der Untersuchungen von Pope et al. (1998) Muskelzerrungen nicht erhoben worden sind.

Herbert und Gabriel (2002) zeigen auf, dass die Resultate der miteinbezogenen Studien zusammen 181 Verletzungen in den Interventionsgruppen und 200 in den Kontrollgruppen liefern. Das Verletzungsrisiko hat sich in der Dehngruppe um maximal 5% reduziert, was zu wenig ist, um von praktischer Bedeutung zu sein. Der zusammengefasste Schätzwert der Risikominderung liegt bei 0.95 (0.78-1.16, p=0.61). Es kann somit kein signifikanter Unterschied in Bezug auf Verletzungshäufigkeiten und Stretching festgestellt werden. Die Schlussfolgerung lautet jedoch, dass die Forschungsergebnisse unzureichend sind, um eine abschliessende Aussage über die Auswirkungen von Dehnungen in Bezug auf sportliche Aktivität zu machen.

3.2.2.2 B) PREVENTION OF SPORTS INJURIES SYSTEMATIC REVIEW OF RANDOMIZED CONTROLLED TRIALS

Aaltonen, Karjalainen, Heinonen, Parkkari und Kujala verwenden für ihre im Jahr 2007 veröffentlichte Übersichtsarbeit drei Primärstudien zum Thema Stretching. Sie bearbeiten weitere 29 wissenschaftliche Publikationen, welche andere Interventionen als Stretching zur Verletzungsprophylaxe im Sport untersuchen. Die von ihnen ausgewählten Primärstudien haben als Auswahlkriterium in Englisch und vor Januar 2006 publiziert, sowie randomisiert oder quasirandomisiert und kontrolliert zu sein. Ebenfalls werden ausschliesslich Studien miteinbezogen, welche über einen Bericht der Anzahl Verletzungen oder Anzahl verletzter Personen, über ein Protokoll der Interventionen sowie über genau beschriebene Ergebnisse verfügen. Zur Bewertung der methodischen Qualität der einbezogenen Studien wird eine Skala mit elf Kriterien verwendet. Die Studien von Pope et al. (1998) und Pope et al. (2000) erreichen jeweils fünf von elf Punkten. Van Mechelen, Hlobil, Kemper, Voorn und de Jongh (1993) erzielen lediglich eine Gesamtpunktzahl von zwei. Sie haben nicht nur Verletzungen der unteren Extremitäten, sondern auch Rückenschmerzen erhoben. Die drei Studien zusammen zählen 3052 Teilnehmer, wobei keine Studie einen verletzungsprophylaktischen Effekt auf die unteren Extremitäten durch Dehnungs- und Aufwärmübungen aufzeigen kann.

Aaltonen et al. (2007) kommen zum Resultat, dass keine endgültige Schlussfolgerungen über die Auswirkungen der Dehnungen, aufgrund mangelhafter Qualität der RCT's, erstellt werden kann.

3.2.2.3 C) THE IMPACT OF STRETCHING ON SPORTS INJURY RISK: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE

Die Arbeit von Thacker, Gilchrist, Stroup und Kimsey (2004) untersucht den Nutzen von Stretching bezüglich Sportverletzungen anhand bestehender Publikationen. Als Auswahlkriterien für die vergleichende Untersuchung sind randomisierte Studien und kontrollierte Kohortenstudien beigezogen worden. Dabei gelten keine Spracheinschränkungen. Um in den Review aufgenommen zu werden, müssen die Studien Interventionen zur Verletzungsprophylaxe untersuchen, welche Dehnübungen beinhalten. Eine weitere Voraussetzung ist, dass man die Resultate der Dehnungen unabhängig von anderen Interventionen beurteilen kann. Untersuchungen mit Teilnehmern, welche keine Sport- oder Fitnessaktivitäten betreiben, werden ausgeschlossen. Am Ende sind sechs Studien

übrig geblieben. Diese werden mit einer Auswertungsskala bezüglich ihrer methodischen Qualität von drei Forschern beurteilt. Die Namen der Verfasser der Studien sind den Untersuchern nicht unterbreitet worden. Verglichen wurden drei randomisierte Studien, zwei prospektive Kohortenstudien und eine retrospektive Querschnittsstudie. Die Zielgruppe stellt in drei Studien Armeerekruten dar, in einer College Football Spieler, in einer High-School Football Teams und in einer weiteren männliche Seekadetten der Marine. Somit zeigt sich, dass die Probanden, welche aus 5901 Teilnehmern und fünf Football Teams bestehen, wahrscheinlich ausschliesslich männliche Probanden sind. Eine Zusammenfassung der Quotenverhältnisse von fünf der sechs Studien zeigt, dass kein signifikanter Zusammenhang mit einer Verminderung der gesamten Verletzungsanzahl besteht (OR=0.93, CI 0.78-1.11 p=0.43). Die Studie von Bixler und Jones (1992) konnte für diese Berechnung nicht verwendet werden, da sie nicht genau das Gleiche untersucht.

Thacker et al. (2004) kommen zum Schluss, dass bis anhin nicht genügend Beweise vorliegen, um deutliche Aussagen über den Zusammenhang von Stretching und Verletzungsreduktion in Wettkampf- oder Freizeitsport ziehen zu können. Es herrsche laut Thacker et al. (2004) noch wenig Klarheit in diesem komplexen Themenbereich und ihre Arbeit widerspiegeln den Mangel an evidenzbasierten Untersuchungen in diesem Bereich der Verletzungsprophylaxe.

3.2.2.4 D) A SYSTEMATIC REVIEW OF INTERVENTIONS TO PREVENT LOWER LIMB SOFT TISSUE RUNNING INJURIES

Yeung und Yeung (2000) befassen sich in ihrer Übersichtsarbeit mit fünf Studien bezüglich Stretching. Zugelassen werden randomisierte oder quasirandomisierte und kontrollierte Studien, welche Strategien zur Prävention von Verletzungen des Weichteilgewebes der unteren Extremitäten bei Läufern untersuchen. Spracheinschränkungen sind keine vorgenommen worden. Die Teilnehmer dürfen im Alter der Adoleszenz bis hin zum mittleren Alter sein, wobei das Geschlecht keine Rolle spielt. Die Messungen müssen in Bezug zur Klinik stattfinden und die Resultate dürfen nicht nur aus laborbasierten Messungen bestehen. Ausgeschlossen werden Untersuchungen, welche chirurgische Eingriffe beinhalten und solche, die ausschliesslich Stressfrakturen erfassen. Abgesehen von einer Untersuchung, haben alle Autoren Probanden aus der militärischen Bevölkerung gewählt. Die Gesamtanzahl der Teilnehmer beläuft sich auf 5103 Probanden. Die Studien weisen

Unterschiede in der Durchführung und Protokollierung der Dehnübungen auf. Auch die Anzahl und Dauer der Dehnungen variiert deutlich. Da die Interventionen und die Definitionen der Schädigungen keine Homogenität zwischen den Studien aufzeigt, können die Daten nicht zusammengefasst werden. Hartig und Henderson können in ihrer Untersuchung aus dem Jahr 1999 eine signifikante Reduktion der Beinverletzungen in der Dehnungsgruppe aufzeigen (RR=0.57, 95% CI 0.37-0.89). Die cluster randomisierten Studien von Andrish et al. aus dem Jahr 1974 (RR=1.27, 95% CI 0.66-2.43) und Pope et al. (1998) (RR=0.85, 95% CI 0.43-1.67) zeigen keine Hinweise auf einen signifikanten Schutz vor Verletzungen durch Stretching. Pope et al. (2000) zeigen in ihrer Studie auf, dass durch Dehnübungen direkt vor sportlicher Betätigung keine klinisch nützliche oder statisch signifikante Verringerung der Gefahr von Weichteilverletzungen erreicht werden kann (HR=0.83, 95% CI 0.63-1.09). Auch van Mechelen et al. (1993) finden keine Hinweise auf eine Reduktion der Weichteilverletzungen in der Behandlungsgruppe (RR=1.14, 95% CI 0.67-1.92).

Durch die Analyse der einzelnen Studien ziehen Yeung et al. (2001) die Schlussfolgerung, dass ungenügend wissenschaftliche Beweise vorliegen, um die Effizienz der Dehnübungen bezüglich Verletzungsprophylaxe der unteren Extremitäten aufzeigen zu können.

3.2.2.5 E) A SYSTEMATIC REVIEW INTO THE EFFICACY OF STATIC STRETCHING AS PART OF A WARM-UP FOR THE PREVENTION OF EXERCISE-RELATED INJURY

Die Grundlage der 2008 veröffentlichten Arbeit von Small und Mc Naughton bilden sieben Primärstudien, darunter vier RCT's und drei CCT's. Die Probanden bestehen aus 4446 Teilnehmer und zusätzlich 5 High-School Football Teams, von denen die genaue Anzahl der Teammitglieder nicht bekannt ist. Es sind Studien in den Review eingeschlossen worden, die statisches Stretching als Verletzungsprophylaxe untersuchen und zwischen 1990 bis 2008 im Volltext veröffentlicht wurden. Die Probanden dürfen weiblich oder männlich, zwischen 18 und 48 Jahre alt sein und müssen körperliche Aktivitäten oder Übungen ausführen. Jede Untersuchung muss eine Mindestteilnehmeranzahl von 20 Personen aufweisen und mindestens über einen zwölfwöchigen Zeitraum dauern. Es ist nötig, dass die Verletzungsrate mit einer standardisierten Definition von Verletzungen ermittelt wird. Um die methodische Qualität der Primärstudien zu beurteilen, wird eine eigens angepasste Kriterienliste verwendet. Insgesamt können 100 Punkte erreicht

werden, welche je nach Wichtigkeit der Kriterien unterschiedlich verteilt werden. Die Ergebnisse der Qualitätsauswertung reichen von 26 bis 79 erreichten Punkten. Auffallend ist, dass alle RCT's mehr als 50 Punkte erreichen, die CCT's hingegen darunter liegen. Die zwei höchst bewerteten Untersuchungen sind von Pope et al. (1998) und Pope et al. (2000) verfasst worden. Mit 26 Punkten am tiefsten bewertet, ist der CCT von Bixler und Jones (1992). Eine Studie ist als positiv beurteilt worden, wenn sie zum Ergebnis gekommen ist, dass statisches Dehnen zu einer signifikanten Verringerung des gesamten Verletzungsrisikos führt ($p < 0.05$). Bei einer nicht signifikanten Reduktion oder bei einer Zunahme der Verletzungen ist sie als negativ beurteilt worden ($p > 0.05$). Alle vier RCT's und zwei der drei CCT's (Bixler und Jones, 1992; Cross und Worrell; 1999) haben keine signifikante Reduktion oder eine Zunahme der Verletzungen aufgezeigt. Diese zwei CCT's erreichen die tiefste methodische Qualität der verwendeten Studien. Sie werden aufgrund der Fragestellung nach der Wirkung des statischen Dehnens auf das gesamte Verletzungsrisikos als negativ beurteilt. Bixler und Jones (1992) können jedoch bei Verstauchungen und Muskelzerrungen, sowie Cross und Worrell (1999) bezüglich Muskel- und Sehnenzerrungen signifikante Vorteile bei der Reduzierung dieser Verletzungen aufzeigen. Die Ergebnisse, des von Amako et al. (2003) geleiteten RCT, zeigen keinen signifikanten Unterschied in der Gesamtanzahl der Verletzungen zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe auf und das Resultat wird somit als negativ beurteilt. Es wird aber festgestellt, dass die Stretching-Gruppe ein signifikant niedrigeres Auftreten von Muskel-, Sehnen- und Rückenverletzungen aufweist. Die Resultate der zwei Studien von Pope et al. (1998) und Pope et al. (2000) werden ebenfalls als negativ beurteilt. So auch der älteste für die Übersichtsarbeit verwendete RCT, verfasst von van Mechelen et al (1993). Die Ergebnisse dieser Studie sind aufgrund nachfolgender Daten in Frage zu stellen. Die Rate der Probanden, die das Projekt nicht zu Ende geführt haben, liegt mit 22.3% relativ hoch. Das vorgeschriebene Programm ist nur zu 46.6% eingehalten worden und 39.6% der Personen in der Interventionsgruppe haben keine statischen Dehnungsübungen vor den Aktivitäten durchgeführt. Die einzige positiv zu bewertende Studie ist von Hartig und Henderson (1999). Sie erzielt mit 45 Punkten die höchste methodische Qualität der CCT's und liegt damit dennoch deutlich tiefer als die RCT's. Die Resultate dieser Studie ergeben eine signifikant geringere Anzahl von Verletzungen in der Interventions- im Vergleich zur Kontrollegruppe ($p = 0.02$). Es sollte jedoch darauf hingewiesen werden, dass nur Verlet-

zungen der unteren Extremität, welche durch Überbelastung entstanden, erfasst worden sind.

Small und Mc Naughton (2008) kommen zum Schluss, dass es mässig bis starke Anzeichen dafür gibt, dass routinemässige Durchführung von statischen Dehnungen die Verletzungen der unteren Extremitäten nicht reduziert. Es gibt hingegen Hinweise für eine positive Auswirkung statischer Dehnübungen auf die Verhütung von Muskel- und Sehnenverletzungen.

3.2.2.6 F) STRETCHING BEFORE EXERCISE DOES NOT REDUCE THE RISK OF LOCAL MUSCLE INJURY: A CRITICAL REVIEW OF THE CLINICAL AND BASIC SCIENCE LITERATURE

Shrier (1999) vergleicht zwölf Untersuchungen, wobei die Teilnehmer aus 6513 Probanden und zusätzlich fünf High-School Football Teams, von welchen die Anzahl Teammitglieder nicht bekannt ist, bestehen. Diese Studie beschränkt sich bei der Literatursuche auf englische oder französische klinisch und wissenschaftlich basierte Artikel, welche Dehnungen direkt vor sportlicher Betätigung im Zusammenhang mit Muskelverletzungen untersuchen. Untersuchungen, welche keine Kontrollgruppe verwenden, werden ausgeschlossen. Über verwendete Methoden zur Qualitätsbeurteilung der einzelnen Studien sind keine Angaben ersichtlich. Die ausgewählten Artikel setzen sich aus zwei RCT's, einem pseudo-RCT, sechs Querschnittsstudien und drei prospektive Kohortenstudien zusammen. Vier Untersuchungen kommen zum Ergebnis, dass Dehnungen direkt vor sportlichen Aktivitäten bezüglich Verletzungsprophylaxe von Vorteil sind. Fünf können keinen Unterschied der Anzahl Verletzungen zwischen der Kontroll- und der Interventionsgruppe feststellen. In drei Forschungsarbeiten wird ein Nachteil in der Verhütung von Verletzungen durch Dehnübungen aufgezeigt. Drei der vier Studien, die Vorteile zeigen, evaluieren ein Programm zur Verletzungsprophylaxe, welches neben Dehnungen viele weitere Interventionen beinhaltet. Beispielsweise finden Ekstrand, Gillquist, Moller, Oberg und Liljedahl (1983) in ihrer Untersuchung mit 180 Elite-Fussball-Spielern 75% weniger Verletzungen in der Behandlungs- als in der Kontrollgruppe (RR= 0.18). Zur Verletzungsprophylaxe werden in der Interventionsgruppe ein Warm-up und Stretchingübungen durchgeführt, ebenfalls werden weitere Massnahmen wie spezielle Schuhe und Bandagieren der Knöchel eingesetzt. Es ist unmöglich zu bestimmen, welche Massnahme für den Rückgang der Verletzungsrate verantwortlich ist. Die einzige Unter-suchung,

welche nur Dehnübungen als verletzungsprophylaktische Massnahme durchführt und einen positiven Effekt von Stretching aufweist, ist die Querschnittsstudie von Wilber et al. (1995), in welcher Freizeit-Radfahrer untersucht werden. Die Autoren stellen fest, dass Radfahrerinnen, die vor dem Fahren dehnen, weniger an Leisten- und Gesässschmerzen leiden. Diese Wirkung kann jedoch bei männlichen Radfahrern nicht beobachtet werden.

Zu den fünf Untersuchungen, welche keinen Unterschied der Anzahl Verletzungen durch Dehnübungen aufzeigen können, zählt jene von van Mechelen et al. (1993). In dieser Studie haben die Probanden zusätzlich ein Warm-up durchgeführt. Anhand des relativen Risikos einer Schädigung ($RR=1.12$) wird aufgezeigt, dass kein signifikanter Unterschied bezüglich der Interventionsgruppe verglichen mit der Kontrollgruppe vorliegt. Auch in der prospektiven Untersuchung von Walter et al. (1989) kann kein Bezug zwischen Stretching und einer verminderten Anzahl erlittener Verletzungen hergestellt werden. Die zwei Querschnittstudien von Blair et al. (1987) und Brunet et al. (1990) zeigen ebenfalls keine schützende Wirkung der Dehnungen vor physischen Aktivitäten. Macera et al. (1989) belegen, dass das Risiko von Verletzungen durch Dehnungen vor den Aktivitäten erhöht worden ist, jedoch nicht statistisch signifikant ($OR=1.1$ für Männer und 1.6 für Frauen).

Alle drei Studien, die belegen, dass Stretching das Verletzungsrisiko erhöht, sind Querschnittstudien. Eine davon ist von Howell (1984), welcher feststellt, dass 13 von 13 Elite-Ruderern, welche Stretchingübungen ausführen, an Rückenschmerzen leiden. Hingegen hat nur einer der vier Athleten, die nicht dehnen, Schmerzen. Die Schlussfolgerung dieser Untersuchung sollte vorsichtig beurteilt werden.

Die Untersuchung von Shrier (1999) deutet darauf hin, dass die klinischen Beweise nicht ausreichen, um die Hypothese zu stützen, dass durch Stretching Verletzungen verhindert werden können. Die einzigen Artikel, welche positive Auswirkungen aufzeigen, sind prospektive Studien und beinhalten Aufwärmübungen als zusätzliche Intervention. Alle anderen Forschungsarbeiten weisen dem Stretching keinen verletzungsprophylaktischen oder gar einen schädlichen Effekt zu. So lautet hier die Schlussfolgerung, dass Dehnen direkt vor sportlicher Aktivität das Verletzungsrisiko nicht reduziert.

3.2.2.7 G) THE EFFICACY OF STRETCHING FOR PREVENTION OF EXERCISE-RELATED INJURY: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE

Weldon und Hill (2003) haben sieben Artikel, ausschliesslich RCT's und CCT's, in ihre Arbeit miteinbezogen. Die Untersuchungen müssen das Thema Stretching als Massnahme zur Verhütung von Verletzungen beinhalten, wobei zusätzliche Interventionen erlaubt sind. Studien, welche nicht oder nur teilweise veröffentlicht oder ein Publikationsjahr vor 1970 aufwiesen, sind ausgeschlossen worden. Sieben Untersuchungen, darunter vier RCT's und drei CCT's werden den Einschlusskriterien gerecht. Die Qualität der ausgewählten Studien wird anhand 14 Kriterien bewertet. Nur zwei Studien (Pope et al., 1998; Pope et al., 1999) können von gesamthaft 100 Punkten mehr als 50 erreichen, was ein Hinweis auf die schlechte allgemeine methodische Qualität der meisten Studien ist. Die RCT's erreichen durchschnittlich eine deutlich höhere Qualität als die CCT's. Das Resultat einer Primärstudie wird in dieser Arbeit als positiv gewertet, wenn die Autoren den Schluss gezogen haben, dass Stretching zu einer Verringerung der Gefahr von Verletzungen führt. Bei einer Schlussfolgerung, dass durch Dehnübungen keine Reduktion der Verletzungsgefahr oder ein erhöhtes Risiko entsteht, gilt das Ergebnis als negativ. Alle drei CCT's (Hartig und Henderson, 1999; Cross und Worrell, 1999; Bixler und Jones, 1992) und einer der vier RCT's (Ekstrand et al., 1983) liefern ein positives Resultat. Die Ergebnisse der weiteren drei RCT's (Pope et al., 1998; Pope et al., 1999; van Mechelen et al., 1993) können als negativ beurteilt werden und sind zugleich auch die höchst klassierten Untersuchungen. Pope et al. (1999) können in ihrer Studie positive Auswirkungen zeigen, die jedoch weder in Bezug auf die Verletzungsrate der gesamthaften Verletzungen (HR=0.95, 95% CI 0.77-1.18), noch auf diejenige der Weichteilverletzungen signifikant sind (HR=0.83, 95% CI 0.63-1.09). Das Resultat von van Mechelen et al. (1993) wird auch hier, wie von Shrier (1999) und Small und Mc Naughton (2008), in Frage gestellt. Der einzige positive RCT ist von Ekstrand et al. 1983 publiziert worden und schneidet mit 12 Punkten qualitativ am schlechtesten ab. Hartig und Henderson (1999) können in ihrer Forschungsarbeit in der Dehngruppe die grösste signifikante Reduktion von Verletzungen der unteren Extremitäten ($p=0.02$) aufzeigen (RR=0.63, 95% CI 0.41-0.99). Für die RCT's von Cross und Worrell (1999) und Bixler und Jones (1992) kann das relative Risiko, aufgrund Mangel von Informationen über Veränderungen in der Exposition, nicht berechnet werden. Ebenfalls zu beachten ist, dass Ekstrand et al. (1983) und Bixler und Jones

(1992) Dehnungsübungen als Teil eines Programms mit zusätzlichem Warm-up durchführen lassen.

Weldon und Hill (2003) können trotz der knappen Mehrheit positiver Forschungsartikel keinen signifikanten Rückgang der Verletzungen durch Dehnübungen darstellen. Da die vier positiven Arbeiten durchschnittlich ein schwächeres Studiendesign aufweisen als die drei negativen, werden sie bezüglich des Schlussresultates weniger gewichtet. Ebenfalls weisen sie bei der Bewertung der methodischen Qualität die niedrigste Punktzahl auf. Eine Zusammenfassung aller positiven und negativen Resultate lässt sie zum Ergebnis kommen, dass es aufgrund der Knappheit, Heterogenität und schlechten Qualität der verfügbaren Studien nicht möglich ist, eine endgültige Aussage über die Wirkung von Dehnungen bezüglich Verletzungsprophylaxe zu ziehen.

3.2.3 Diskussion Reviews

Ein Resümee der sieben vorgestellten Übersichtsarbeiten lässt zum Ergebnis kommen, dass durch Dehnungen keine statistisch signifikante Reduktion aller Verletzungen der unteren Extremitäten nachgewiesen werden kann. Obwohl in fünf der sieben Reviews signifikante Primärstudien mit positivem Effekt miteinbezogen worden sind, ist keiner zur Schlussfolgerung gekommen, dass eine signifikante Minderung der Verletzungsrate durch Stretching erzielt wird. Die Arbeiten von Herbert und Gabriel (2007) und diejenige von Aaltonen et al. (2007) sind die einzigen Übersichtsarbeiten, welche keine Primärstudie mit signifikantem verletzungsprophylaktischem Effekt der Muskeldehnungen beinhalten. Shrier (1999) sowie Weldon und Hill (2003) weisen mit einer Anzahl von je vier am meisten positive Primärstudien auf. Shrier (1999) macht als Einziger die abschliessende Aussage, dass Dehnen vor sportlicher Aktivität keine verletzungsprophylaktische Wirkung hat. Allen anderen ist es aufgrund der Knappheit, Ungleichheit oder schlechten Qualität der Primärstudien nicht möglich, eine endgültige Aussage über die Effektivität der Dehnübungen vor physischer Aktivität machen zu können.

Auffallend ist, dass in den verglichenen Reviews häufig dieselben Primärstudien miteinbezogen werden. Die Ausnahme bildet Shrier (1999). Er untersucht zwölf Studien von denen neun ausschliesslich in seiner Arbeit erwähnt werden. Diese lassen sich jedoch aufgrund der Publikationsjahre zwischen 1983 bis 1995 als wenig aktuell bezeichnen. Dies lässt die Annahme zu, dass kein breites Spektrum an aktueller wissenschaftlicher Literatur

zum Thema besteht, welche die Einschlusskriterien der Reviews erfüllen können. Gesamthaft werden in den sieben Übersichtsarbeiten 18 Primärstudien verwendet, welche zwischen 1974 und 2003 veröffentlicht worden sind. Davon können vier (Ekstrand, Gillquist, Moller, Oberg und Liljedahl, 1983; Ekstrand, Gillquist und Liljedahl, 1983; Wibel et al., 1995; Harting und Henderson, 1999) einen signifikanten, positiven Effekt von Stretching bezüglich Verletzungsprophylaxe nachweisen. Die Untersuchungen von Bixler und Jones (1992) sowie die von Cross und Worrell (1999) werden von Weldon und Hill (2003) zu jenen eingeteilt, die eine signifikante, positive Wirkung zeigen. Thacker et al. (2004), sowie Small und Mc Naughton (2008) zählen diese Studien jedoch zu den Resultaten, die keine Reduktion der Verletzungen nachweisen können. Diese unterschiedliche Bewertung der Ergebnisse entsteht aufgrund verschiedener Definitionen von Verletzungen. Bixler und Jones (1992) können bei Verstauchungen und Muskelzerrungen und Cross und Worrell (1999) bezüglich Muskel- und Sehnenzerrungen einen signifikanten, positiven Unterschied aufzeigen. Dies gilt jedoch nicht in Bezug der Verletzungsrate aller Strukturen.

Die methodische Qualität der Primärstudien wird von beinahe allen Autoren ausgewertet und beschrieben. Einzig in der Arbeit von Shrier (1999) kann keine Angaben dazu gefunden werden. Mit zwölf verglichenen Primärstudien, weist diese Untersuchung deutlich die höchste Anzahl auf. Herbert und Gabriel (2002) hingegen untersuchen nur zwei Studien und stützen sich somit auf die geringste Primärstudienanzahl. Sie begrenzen ihre Ergebnisse der Literaturrecherche auf englische Artikel, wie es auch Aaltonen et al. (2007) machen. Shrier (1999) grenzt die Suche nach Studien auf die Sprachen Englisch und Französisch ein. Die restlichen Autoren führen ihre Literatursuche ohne sprachliche Einschränkungen durch. Die Resultate der Literaturrecherchen aller Autoren liefern ausschliesslich englische Artikel. Eine Altersgrenze der Probanden setzen Yeung und Yeung (2001). Die Teilnehmer dürfen von der Adoleszenz bis hin zum mittleren Alter reichen. In der Arbeit von Small und Mc Naughton (2008) wird vorausgesetzt, dass das Alter der Testpersonen zwischen 18 und 48 Jahre liegt. Obwohl keine Übersichtsarbeit in den Ein- und Ausschlusskriterien eine Einschränkung des Geschlechts vorgibt, kann man davon ausgehen, dass in vielen Arbeiten vorwiegend männliche Teilnehmer untersucht werden. Nur in der Arbeit von Shrier (1999) wird explizit auf weibliche Teilnehmer hingewiesen. Diese ungleiche Geschlechtervertretung sowie die zusätzlichen Interventionen führen zu

einer Verzerrung der Resultate. In allen Arbeiten werden die Literaturrecherche sowie Ein- und Ausschlusskriterien protokolliert. Auffallend ist, dass dieselben Studien von den verschiedenen Reviewautoren teilweise unter unterschiedlichen Studientypen aufgeführt werden. Der Grund dafür könnten von den Reviewautoren vorgenommene Anpassungen oder Interpretationsspielraum sein, damit die Reviews die Einschlusskriterien bestehen. Beispielsweise ist die Untersuchung von Harting und Henderson aus 1999 bei Yeung et al. (2001) ein RCT und bei Weldon und Hill (2003) ein CCT, da sie pseudo-randomisiert ist.

Zu Schwierigkeiten bei der Zusammenfassung von Ergebnissen einzelner Studien führen unter anderem verschiedene Definitionen von Verletzungen, unterschiedlich angewandte Dehntechniken sowie zusätzliche Behandlungsmassnahmen.

3.3 Diskussion Studien und Reviews

Von den vier ausgewählten Studien zeigen zwei keinen Effekt des Dehnens auf. Eine Studie belegt die Effektivität von Dehnübungen als verletzungsprophylaktische Massnahme zumindest teilweise und eine weitere Studie kann diese signifikant nachweisen. Es ist wichtig zu erwähnen, dass jene Untersuchung, welche die meisten verlangten wissenschaftlichen Kriterien erfüllt, keinen signifikanten Effekt des Dehnens in Bezug auf das Verletzungsrisiko feststellen kann. Im Gegensatz dazu ist es diejenige Studie, die den wenigsten Anforderungen gerecht wird, welche den verletzungsprophylaktischen Effekt des Dehnens aufzeigen kann. Somit lässt sich bezüglich der Studien die Aussage treffen, dass Dehnübungen vor sportlicher Betätigung keinen verletzungsprophylaktischen Effekt aufweisen.

Einer der sieben ausgewählten Reviews kommt zum Schluss, dass Dehnübungen keine signifikante verletzungsprophylaktische Wirkung haben. Die anderen können die Effektivität des Dehnens ebenfalls nicht nachweisen, legen sich jedoch nicht abschliessend fest. Wie bereits bei den analysierten und zuvor beschriebenen vier Primärstudien, lässt sich auch bezüglich der Reviews der gleiche Schluss ziehen, dass Dehnen vor sportlicher Betätigung im Bereich der unteren Extremität keine verletzungsprophylaktische Wirkung hat. Bei kritischer Betrachtung muss diese Schlussfolgerung jedoch in Frage gestellt werden. Die Studiendesigns und die Qualität der Reviews zeigen einige Mängel auf. Besonders die Art wie die Untersuchungen durchgeführt worden sind, aber auch worauf man sich inhaltlich konzentriert hat, müssen in Frage gestellt werden. Somit gilt es

die anfangs getroffene Aussage zu den Reviews bezüglich der Effektivität des Dehnens, zu relativieren und es lässt sich anhand der vorliegenden Ergebnisse keine abschliessende Folgerung daraus ziehen. Die Annahme jedoch, dass Dehnen einen verletzungsprophylaktischen Effekt hat, kann nicht belegt werden.

Die Fragestellung der vorliegenden Arbeit lässt sich anhand der untersuchten vier Studien mit der Aussage beantworten, dass Dehnen vor sportlicher Betätigung keinen verletzungsprophylaktischen Effekt im Bereich der unteren Extremitäten hat. Die Reviews lassen jedoch keine abschliessende Aussage zu, da die Ergebnisse aufgrund der mangelnden Qualität der verwendeten Primärstudien, nicht deutlich ausfallen. Es liegt die Vermutung nahe, dass der heutige Wissensstand in diesem Bereich keine abschliessende Aussage zulässt. Randomisierte kontrollierte Studien (RCT's) von hoher Qualität werden in Zukunft notwendig sein, um alle Aspekte des Dehnens zu erfassen und abschliessende Aussagen zu ermöglichen.

3.4 Theorie-Praxis-Transfer

In diesem Abschnitt der Arbeit sollen die, für den physiotherapeutischen Alltag relevanten Ergebnisse dargestellt werden.

Die Verteilung der Anzahl der unterschiedlichen Befunde zeigt deutlich, dass keine abschliessende Aussage zur verletzungsprophylaktischen Wirkung des Stretching getroffen werden kann. Somit ist es zu früh, um sagen zu können, dass Dehnen keinen Effekt hat. In der Praxis spielen viele unterschiedliche Aspekte eine grosse Rolle, welchen in den Untersuchungen nicht oder nur teilweise Beachtung geschenkt wird. So sollte die Zielsetzung auf den kurz- oder langfristigen Effekt festgelegt werden. Die angewendeten Dehntechniken können stark variieren und in Häufigkeit, Dauer und Intensität zeigen sich deutliche Differenzen. Die Überprüfung dieser Parameter ist schwierig durchzuführen, da sie auf subjektivem Befinden, wie beispielsweise der Einschätzung der Intensität des Dehngefühles der Testperson beruhen. Bei der Verletzungsprophylaxe vor physischer Aktivität nehmen die verschiedenen Sportarten und Bewegungsabläufe, welche unterschiedliche Anforderungen stellen und spezifische Muskelfunktionszustände wünschen, einen hohen Stellenwert ein. Beispielsweise ist der Effekt von Stretching in Sportarten wie Kunstturnen oder Hürdenspringen, die zur Erbringung der Leistung überdurchschnittliche Dehnfähigkeit voraussetzen, nicht mit der Wirkung in anderen Disziplinen, wie Radfahren,

gleichzustellen. Physiologisch könnte die Zusammensetzung der Muskulatur unterschiedlicher Individuen einen Einfluss auf den Dehneffekt haben. Ebenfalls muss beachtet werden, dass möglicherweise bei unterschiedlich trainierten Personen verschiedenen Geschlechts oder Alters, unterschiedliche Wirkungen erzielt werden können. Zusätzlich ist die Übertragbarkeit einer Studie mit gut trainierten Probanden auf Freizeitsportler fraglich.

Bezüglich des kurz- oder langfristigen Effektes von Dehnübungen stellt sich die Problematik, dass für die Ermittlung von ausschliesslich kurzzeitiger Wirkung immer wieder neue Probanden untersucht werden oder zwischen den Dehnsequenzen längere Pausen vorgeschrieben werden müssten. Bei den hier erwähnten Untersuchungen wird über einen längeren Zeitraum regelmässig gedehnt, somit nimmt mit der Untersuchungsdauer auch der langfristige Effekt zu. Dies lässt zum Resultat kommen, dass in der Praxis keine Empfehlungen zur lang- oder kurzfristigen Dehnmethode gemacht werden können. Damit deutliche und zuverlässige Aussagen sowie Empfehlungen für die Praxis möglich sind, müssen adäquate Studiendesigns entwickelt werden, welche die Hypothesen des Effektes von Dehntechniken in Bezug auf eine Verletzungsreduktion überprüfen. Dafür sollten in weiteren Studien die Wirkungen der verschiedenen Stretching-Programme genauer untersucht und differenziert werden. Unter anderem sind unterschiedliche Populationen erstrebenswert und die Konzentration auf bestimmte Arten von Verletzungen sollte erhöht werden. Durch die Ermittlung der Anforderungen verschiedener Sportarten und die dadurch resultierende Einteilung der Probanden in verschiedene Gruppen, in welchen die Resultate separat erhoben werden sowie mittels Klassifizierung der auftretenden Verletzungsarten in einer Disziplin, könnten die Resultate spezifischer werden und somit eine steigende Übertragbarkeit in die Praxis erzielt werden.

Der momentane Stand der Forschung lässt keine klaren Schlüsse bezüglich der zu bearbeitenden Fragestellung zu. Zudem ist ein Mangel an evidenzbasierten Untersuchungen festzustellen. Klar ist jedoch, dass die lange angenommene Wirkung von Stretching in Frage gestellt wird und nicht mehr bedingungslos gedehnt werden sollte. Dies kann auch in der beruflichen Tätigkeit als Physiotherapeut so kommuniziert werden.

4 Schlussteil

Dieser Abschnitt der Arbeit fasst in einem ersten Teil die vorliegende Bachelorarbeit zusammen, wobei auf die Herleitung der Fragestellung, die angewendeten Methoden bei der Bearbeitung sowie die entstandenen Ergebnisse eingegangen wird. Der zweite Teil dient dem Aufzeigen von offenen Fragen und einem Ausblick in Bezug auf das weitere Vorgehen in der Wissenschaft.

4.1 Zusammenfassung

Sowohl im physiotherapeutischen Alltag, als auch bei sportlicher Betätigung sieht man sich immer wieder mit der Frage der Effektivität des Dehnens konfrontiert. Die Patienten interessieren sich für die Meinung eines Professionellen und verlassen sich auf diese. Aus der eigenen Erfahrung weiss man, wie schmerzhaft und einschneidend Sportverletzungen sein können. Deshalb ist es wichtig zu wissen, wie eine optimale Trainings- oder Wettkampfvorbereitung auszusehen hat. Das Dehnen hat lange Zeit als ein unbestrittener Bestandteil von jedem Warm-up gegolten. In den letzten Jahren hat sich zu diesem Thema jedoch eine Diskussion eröffnet und als gefestigt geltende Tatsachen und Überlegungen werden in Frage gestellt. Durch das Erarbeiten der Fragestellung der Effektivität von Muskeldehnungen vor sportlicher Betätigung im Bereich der unteren Extremität, soll diese Arbeit einen Beitrag zur Klärung dieses Sachverhaltes leisten.

Eine computerbasierte Datenbankrecherche mit den Schlüsselwörtern stretching, sport, injury/ies, lower-limb, muscle, risk, prevention, randomized controlled trial und clinical trial, sowie deren Synonyme ist durchgeführt worden. Durch die Kombinationen der einzelnen Schlüsselwörter mit AND oder OR hat man die Literatursuche gezielter gestalten können. Eine Limitierung hat bezüglich des Publikationsjahres der Untersuchungen stattgefunden, welches nicht älter als 1998 sein durfte. Obwohl bei der Sprache keine Limitation vorgenommen worden ist, sind alle in dieser Arbeit verwendeten Suchergebnisse auf Englisch verfasst worden.

In einer ersten Phase hat man die gefundenen Ergebnisse einer genaueren Betrachtung unterzogen und auf ihren wissenschaftlichen Gehalt hin geprüft. Dadurch ist eine erste Selektion erreicht worden und es sind von den ursprünglichen Suchresultaten, welche unter anderem aus Metaanalysen und Artikeln bestanden, nur noch Studien und Reviews

übrig geblieben. Für diese hat man je eine Matrix erstellt, welche sich aus selbständig ausgearbeiteten Kriterien zur Beurteilung der Wissenschaftlichkeit sowie aus PEDro-Kriterien zusammensetzt. Anhand dieser sind die Suchergebnisse einer zweiten Selektion unterzogen worden und es sind schlussendlich vier Studien und sieben Reviews übrig geblieben.

Von den ausgewählten vier Studien können zwei keinen signifikanten Effekt des Dehnens vor sportlicher Betätigung feststellen. In einer Studie lässt sich dieser zumindest teilweise aufzeigen und in einer weiteren kann dieser Effekt bestätigt werden. Es stellt sich heraus, dass die Studie, welche am meisten wissenschaftliche Ansprüche erfüllt, keinen positiven signifikanten Effekt des Dehnens aufzeigen kann. Jene Studie, welche am wenigsten den angeforderten Kriterien gerecht wird, kann diesen Effekt jedoch bestätigen. Je mehr wissenschaftliche Qualität eine Studie aufweisen kann, umso stärker müssen deren Resultate gewichtet werden. Dadurch lässt sich folgern, dass Dehnen vor sportlicher Betätigung keinen verletzungsprophylaktischen Effekt aufweist.

Von den sieben untersuchten Reviews können sechs keinen signifikanten positiven Effekt des Dehnens nachweisen und ziehen die Schlussfolgerung, dass bezüglich der verletzungsprophylaktischen Wirkung von Dehnübungen keine endgültige Aussage getroffen werden kann. Dadurch kommt man hinsichtlich der Fragestellung zum Fazit, dass mit dem heutigen Stand der Wissenschaft, dem Dehnen im Bereich der unteren Extremität vor sportlicher Betätigung kein allgemeiner verletzungsprophylaktischer Effekt zugesprochen werden kann.

Die Ergebnisse dieser Arbeit beeinflussen den physiotherapeutischen Alltag insofern, da man den Patienten nicht mehr die gleichen Informationen zum Aufwärmen vor sportlicher Aktivität erteilen kann. Die grundsätzliche Empfehlung, dass man unabhängig der Sportart vor körperlicher Betätigung dehnen muss, lässt sich nicht mehr abgeben. Es ist wichtig aufzuzeigen, dass die unangefochtene Position des Dehnens in Frage gestellt wird, man jedoch in diesem Bereich noch längst nicht alle Aspekte untersucht hat.

4.2 Offene Fragen und Ausblick

Die Studien und Reviews, welche man in dieser Arbeit untersucht hat, haben sich grösstenteils junger, sportlicher Männer als Probanden bedient. Daher lassen die Ergebnisse

keine allgemeingültige Aussage und Übertragbarkeit für eine durchschnittliche Population zu. Hierfür sollten besonders die Zusammenhänge des Dehnens bei Frauen, durchschnittlich sportlichen Menschen oder der Bevölkerung mittleren bis älteren Jahrganges genauer untersucht werden.

Die vorliegende Bachelorarbeit konzentriert sich gezielt auf das Dehnen als eine mögliche Art der Intervention zur Vorbereitung auf sportliche Betätigungen. Zukünftige wissenschaftliche Studien sollten vermehrt die verletzungsprophylaktische Wirkung der verschiedenen Dehntechniken, wie dem statischen oder dynamischen Dehnen, miteinander vergleichen. Dabei muss zugleich untersucht werden, ob sich die verschiedenen Varianten unterschiedlich auf das Muskelgewebe auswirken. In diesem Zusammenhang lässt sich weiter konkretisieren, ob es einen Unterschied gibt, wenn die Dehnungen vor oder nach der sportlichen Betätigung durchgeführt werden. Ebenfalls muss die Effektivität von Langzeitdehnprogrammen, welche man nicht direkt vor oder nach sportlicher Aktivität durchführt und einer allgemeinen Verbesserung der Beweglichkeit dienen sollen, abgeklärt werden. Es stellt sich zudem die Frage, ob Dehnungen, welche für viele Sportler eine Art Ritual darstellen, einen psychologischen Effekt haben.

Im Review von Gremion (2005) wird das Praktizieren von Dehnungen für Athleten, welche eine Sportart ausüben, die eine grosse Gelenkbeweglichkeit voraussetzen, als wichtig beschrieben. Als Beispiel dafür wird das Tanzen, die Gymnastik, das Turmspringen oder das Schwimmen erwähnt. Zukünftige Studien sollten sich daher gezielter mit der Fragestellung des Nutzens von Dehnprogrammen in Bezug auf verschiedene Sportarten und deren Anforderungen an den Bewegungsapparat auseinandersetzen.

Grundsätzlich kann man feststellen, dass das Potential der wissenschaftlichen Arbeit in diesem Bereich längst nicht ausgeschöpft und ein breites Spektrum an möglichen künftigen Forschungsthemen vorhanden ist. Für eine umfassende Erarbeitung der Thematik sind in Zukunft randomisierte kontrollierte Studien von hoher Qualität notwendig.

Quellenverzeichnis

Aaltonen, S., Karjalainen, H., Heinonen, A., Parkkari, J. & Kujala, U. (2007). Prevention of Sports Injuries Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Archives of Internal Medicine*, 167 (15), 1585-1592.

Amako, M., Oda, T., Masuoka, K., Yokoi, H. & Campisi, P. (2003). Effect of static stretching on prevention of injuries for military recruits. *Military medicine*, 168 (6), 442-446.

Cross, K. & Worrell, T. (1999). Effects of a Static Stretching Programm on the Incidence of Lower Extremity Musculotendinous Strains. *Journal of Athletic Training*, 34 (1), 11-14.

Gremion, G. (2005). Les exercise d'étirement dans la pratique sportive ont-ils encore leur raison d'être? Une revue de la littérature. *Revue Médicale Suisse*, 1, 1830-4.

Herbert, R. & Gabriel, M. (2002). Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *BMJ*, 325.

Hoppeler, H. & Billeter, R. (2003). Struktur und Funktion der Skelettmuskulatur. *Therapeutische Umschau. Muskel- Funktion und Erkrankungen*. 60 (7), 363-370.

Klee, A. (2003). *Methoden und Wirkungen des Dehnungstrainings. Die Ruhespannungs-Dehnungskurve - ihre Erhebung beim M. rectus femoris und ihre Veränderung im Rahmen kurzfristiger Treatments*. Schorndorf: Verlag K. Hofmann.

Klee, A. (2006). Beweglichkeitstraining im Freizeitsport – biologische Grundlagen und praktische Empfehlungen. *Trainingswissenschaften im Freizeitsport*. 157, 145-159.

Klee, A. & Wiemann, K. (2004). Methoden und Wirkungen des Dehntrainings. *Schwimmen - Lernen und Optimieren*, 23.

Klinke, R., Pape, H. & Silbernagel, S. (2005). *Physiologie*. Stuttgart: George Thieme Verlag.

Knechtle, B. (2002). *Aktuelle Sportphysiologie: Leistung und Ernährung im Sport*. Basel: S. Karger.

Lindel, K. (2006). *Muskeldehnung*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

PEDro Physiotherapy Evidence Database. (1999). *PEDro Scale* [On-Line]. Available: http://www.pedro.org.au/scale_item.html (23.05.2009).

Pope, R., Herbert, R. & Kirwan, J. (1998). Effects of ankle dorsiflexion range and pre-exercise calf muscle stretching on injury risk in Army recruits. *Australian Journal of Physiotherapy*, 44, 165-177.

Pope, R., Herbert, R., Kirwan, J. & Graham, J. (2000). A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32 (2), 271-277.

Shrier, I. (1999). Stretching Before Exercise Does Not Reduce the Risk of Local Muscle Injury: A Critical Review of the Clinical and Basic Science Literature. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 9, 221-227.

Small, K. & Mc Naughton, L. (2008). A Systematic Review into the Efficacy of Static Stretching as Part of a Warm-up for the Prevention of Exercise-Related Injury. *Research in Sports Medicine*, 16, 213-231.

Thacker, S.B., Gilchrist, J., Stroup, D.F. & Kimsey, C.D. (2004). The Impact of Stretching on Sports Injury Risk: A Systematic Review of the Literature. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36 (3), 371-378.

Thews, G., Mutschler, E. & Vaupel, P. (1999). *Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH.

Van den Berg, F. (2003). *Angewandte Physiologie 1 Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen*. Stuttgart: George Thieme Verlag.

Weldon, S.M. & Hill, R.H. (2003). The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: a systematic review of the literature. *Manual Therapy*, 8 (3), 141-150.

Wiemann, K. & Klee, A. (2000). Die Bedeutung von Dehnen und Stretching in der Aufwärmphase vor Höchstleistungen. *Leistungssport*. 4, 5-9.

Yeung, E.W. & Yeung, S.S. (2001). A systematic review of interventions to prevent lower limb soft tissue running injuries. *Br. J. Sports Med.*, 35, 383-389.

Eigenständigkeitserklärung

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

Winterthur, den 16.06.2009

.....

Anja Widmann

.....

Nathalie Matter

Anhang 1: Übersichtstabelle Reviews

	Andrish et al. (1974)	Ekstrand, Gillquist, Moller, Oberg, Liljedahl (1983)	Ekstrand, Gillquist, Liljedahl (1983)	Kerneund D'Amico (1983)	Howell (1984)	Jacobs und Berson (1984)	Blair et al. (1987)	Macera et al. (1989)	Walter et al. (1989)	Brunet et al. (1990)	Bixler und Jones (1992)	Van Mechelen et al. (1993)	Wibel et al. (1995)	Pope et al. (1998)	Harting und Henderson (1999)	Cross und Worrell (1999)	Pope et al. (2000)	Amako et al. (2003)
Shrier 1999		X RCT	X prospektive Kohortenstudie	X Querschnittstudie	X Querschnittstudie	X Querschnittstudie	X Querschnittstudie	X prospektive Kohortenstudie	X prospektive Kohortenstudie	X Querschnittstudie	X Pseudo-RCT	X RCT	X Querschnittstudie					
Yeung, Yeung 2001	X cluster rand.											X RCT		X cluster rand.	X RCT		X RCT	
Herbert, Gabriel, 2002														X cluster rand			X cluster rand	
Weldon, Hill, 2003		X RCT									X CCT (da pseudo random.)	X RCT		X RCT	X CCT (da pseudo random.)	X CCT	X RCT 1999 akzept. zum publ.	
Thacker et al. 2004	X randomisierte Studie										X prospektive Kohortenstudie			X randomisierte Studie	X prospektive Kohortenstudie	X retrospektive Querschnittstudie	X randomisierte Studie	
Aaltonen et al. 2007												X		X			X	
Small, McNaughton 2008											X CCT	X RCT		X RCT	X CCT	X CCT	X RCT	X RCT

Tabelle 4 ÜBERSICHTSTABELLE REVIEWS

Auflistung einzelner miteinander bezogenen Primärstudien. Studien, die einen positiven signifikanten Effekt nachweisen, sind fett markiert.

Anhang 2: PEDro-Kriterien

PEDro Scale

- | | |
|---|---|
| 1. eligibility criteria were specified | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 2. subjects were randomly allocated to groups (in a crossover study, subjects were randomly allocated an order in which treatments were received) | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 3. allocation was concealed | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 4. the groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 5. there was blinding of all subjects | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 6. there was blinding of all therapists who administered the therapy | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 7. there was blinding of all assessors who measured at least one key outcome | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 8. measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 9. all subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat" | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 10. the results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 11. the study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
-

The PEDro scale is based on the Delphi list developed by Verhagen and colleagues at the Department of Epidemiology, University of Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). The list is based on "expert consensus" not, for the most part, on empirical data. Two additional items not on the Delphi list (PEDro scale items 8 and 10) have been included in the PEDro scale. As more empirical data comes to hand it may become possible to "weight" scale items so that the PEDro score reflects the importance of individual scale items.

The purpose of the PEDro scale is to help the users of the PEDro database rapidly identify which of the known or suspected randomised clinical trials (ie RCTs or CCTs) archived on the PEDro database are likely to be internally valid (criteria 2-9), and could have sufficient statistical information to make their results interpretable (criteria 10-11). An additional criterion (criterion 1) that relates to the external validity (or "generalisability" or "applicability" of the trial) has been retained so that the Delphi list is complete, but this criterion will not be used to calculate the PEDro score reported on the PEDro web site.

The PEDro scale should not be used as a measure of the "validity" of a study's conclusions. In particular, we caution users of the PEDro scale that studies which show significant treatment effects and which score highly on the PEDro scale do not necessarily provide evidence that the treatment is clinically useful. Additional considerations include whether the treatment effect was big enough to be clinically worthwhile, whether the positive effects of the treatment outweigh its negative effects, and the cost-effectiveness of the treatment. The scale should not be used to compare the "quality" of trials performed in different areas of therapy, primarily because it is not possible to satisfy all scale items in some areas of physiotherapy practice.

Notes on administration of the PEDro scale:

- All criteria **Points are only awarded when a criterion is clearly satisfied.** If on a literal reading of the trial report it is possible that a criterion was not satisfied, a point should not be awarded for that criterion.
- Criterion 1 This criterion is satisfied if the report describes the source of subjects and a list of criteria used to determine who was eligible to participate in the study.
- Criterion 2 A study is considered to have used random allocation if the report states that allocation was random. The precise method of randomisation need not be specified. Procedures such as coin-tossing and dice-rolling should be considered random. Quasi-randomisation allocation procedures such as allocation by hospital record number or birth date, or alternation, do not satisfy this criterion.
- Criterion 3 *Concealed allocation* means that the person who determined if a subject was eligible for inclusion in the trial was unaware, when this decision was made, of which group the subject would be allocated to. A point is awarded for this criteria, even if it is not stated that allocation was concealed, when the report states that allocation was by sealed opaque envelopes or that allocation involved contacting the holder of the allocation schedule who was "off-site".
- Criterion 4 At a minimum, in studies of therapeutic interventions, the report must describe at least one measure of the severity of the condition being treated and at least one (different) key outcome measure at baseline. The rater must be satisfied that the groups' outcomes would not be expected to differ, on the basis of baseline differences in prognostic variables alone, by a clinically significant amount. This criterion is satisfied even if only baseline data of study completers are presented.

- Criteria 4, 7-11 *Key outcomes* are those outcomes which provide the primary measure of the effectiveness (or lack of effectiveness) of the therapy. In most studies, more than one variable is used as an outcome measure.
- Criterion 5-7 *Blinding* means the person in question (subject, therapist or assessor) did not know which group the subject had been allocated to. In addition, subjects and therapists are only considered to be “blind” if it could be expected that they would have been unable to distinguish between the treatments applied to different groups. In trials in which key outcomes are self-reported (eg, visual analogue scale, pain diary), the assessor is considered to be blind if the subject was blind.
- Criterion 8 This criterion is only satisfied if the report explicitly states *both* the number of subjects initially allocated to groups *and* the number of subjects from whom key outcome measures were obtained. In trials in which outcomes are measured at several points in time, a key outcome must have been measured in more than 85% of subjects at one of those points in time.
- Criterion 9 An *intention to treat* analysis means that, where subjects did not receive treatment (or the control condition) as allocated, and where measures of outcomes were available, the analysis was performed as if subjects received the treatment (or control condition) they were allocated to. This criterion is satisfied, even if there is no mention of analysis by intention to treat, if the report explicitly states that all subjects received treatment or control conditions as allocated.
- Criterion 10 A *between-group* statistical comparison involves statistical comparison of one group with another. Depending on the design of the study, this may involve comparison of two or more treatments, or comparison of treatment with a control condition. The analysis may be a simple comparison of outcomes measured after the treatment was administered, or a comparison of the change in one group with the change in another (when a factorial analysis of variance has been used to analyse the data, the latter is often reported as a group \times time interaction). The comparison may be in the form hypothesis testing (which provides a “p” value, describing the probability that the groups differed only by chance) or in the form of an estimate (for example, the mean or median difference, or a difference in proportions, or number needed to treat, or a relative risk or hazard ratio) and its confidence interval.
- Criterion 11 A *point measure* is a measure of the size of the treatment effect. The treatment effect may be described as a difference in group outcomes, or as the outcome in (each of) all groups. *Measures of variability* include standard deviations, standard errors, confidence intervals, interquartile ranges (or other quantile ranges), and ranges. Point measures and/or measures of variability may be provided graphically (for example, SDs may be given as error bars in a Figure) as long as it is clear what is being graphed (for example, as long as it is clear whether error bars represent SDs or SEs). Where outcomes are categorical, this criterion is considered to have been met if the number of subjects in each category is given for each group.