

Franz Marschall & Bettina Ruckelshausen

Dient Dehnen der Verletzungsprophylaxe? Eine qualitative Metaanalyse

DOES STRETCHING PREVENT MUSCULAR INJURIES? A QUALITATIVE META ANALYSIS

Zusammenfassung

Die These zur verletzungsprophylaktischen Wirkung des Dehnens wurde anhand einer Literaturanalyse von 59 Primärstudien überprüft. Die Frage, ob Dehnen einen Einfluss auf die Verminderung des Verletzungsrisikos hat, lässt sich nicht eindeutig beantworten. Ebenso kann kein Zusammenhang zwischen der Beweglichkeit und dem Verletzungsrisiko nachgewiesen werden. Tendenziell scheint eine extrem geringe bzw. hohe Beweglichkeit das Auftreten von Verletzungen zu begünstigen. Dies ist jedoch in erster Linie von den Anforderungen der jeweiligen sportartspezifischen Bewegungsabläufe abhängig. Ein positiver Effekt des Dehnens auf die Entstehung von Muskelkater lässt sich nicht bestätigen. Die methodische Qualität der Studien weist erhebliche Defizite auf.

Abstract

Fifty-nine primary studies were analysed in order to test the hypothesis that stretching prevents muscular injuries. The results lead to conflicting conclusions concerning muscular injury prevention. Stretching as a means to reduce muscular injuries is not a clear-cut issue. Furthermore, there is no significant correlation between flexibility and the risk of muscular injuries. There seems to be a tendency for extremely low and extremely high flexibility to foster muscular injuries. However, the effect mainly depends on the demands of the specific motions of the respective type of sport. A positive effect of stretching on the development of muscle soreness cannot be confirmed. There are considerable methodological deficits in the studies we analysed.

1 Einleitung

Sucht man im Internet unter den Begriffen „Stretching“, „Dehnen“ und „Verletzungen“, fallen Aussagen wie „Dehnen überhaupt noch sinnvoll?“ oder „Neueste Veröffentlichungen stellen das Stretching grundsätzlich in Frage“ auf. Auch in der Fachliteratur wird zunehmend kritisch gefragt, ob denn „Dehnen – eine sinnvolle Vorbereitungsmaßnahme im Sport?“ sei (Wiemeyer, 2002). Während noch vor einigen Jahren mit den positiven Effekten des Dehnens für eine regelmäßige Durchführung von Dehnübungen geworben wurde (Agre & Baxter, 1987; Ciullo & Zarins, 1983; Kujala, Orava & Järvinen, 1997; Shellock & Prentice, 1985; Wright, 1979), scheint dieser Aspekt heute ins Gegenteil umzuschlagen. Wurde beispielsweise die verletzungsprophylaktische Wirkung des Dehnens vorbehaltlos angenommen, so ist heute die

Tendenz zu erkennen, ebenso uneingeschränkt Dehnmaßnahmen grundsätzlich abzulehnen.

Bereits mehrere Autoren haben in Übersichtsartikeln den Versuch unternommen, die bestehende Befundlage zu sondieren und damit den empirischen Gehalt einer verletzungsprophylaktischen Wirkung des Dehnens aufzuzeigen.

Zu den bekanntesten gehören sicherlich die Arbeiten von Safran, Seaber und Garrett (1989); Shellock und Prentice (1985) und C. A. Smith (1994). In abschließenden Bemerkungen wird in allen drei Übersichten die Durchführung von Dehnübungen zur Verletzungsprävention empfohlen. Es werden allerdings auch Studien aufgeführt, die keinen Zusammenhang zwischen der Beweglichkeit und dem Auftreten von Verletzungen nachweisen konnten (Jackson et al., 1978; Kirby, Simms, Symington & Garner, 1981), sowie Arbeiten, in welchen Dehnübungen mit einem erhöhten Verletzungsrisiko in Verbindung gebracht werden (Fixx, 1980; Roth & Benjamin, 1979).

Gleim und McHugh (1997) liefern einen umfassenden Übersichtsartikel unter Berücksichtigung von 18 Einzelarbeiten. Die Autoren weisen darauf hin, dass es keine prospektiven Studien gibt, die einen signifikanten Zusammenhang zwischen Veränderungen der Beweglichkeit und einem Rückgang von Verletzungen nachweisen konnten. Shrier (1999) hat insgesamt 138 Artikel gesichtet, von denen zwölf aufgrund ihrer besseren methodischen Qualität einer genaueren Betrachtung unterzogen wurden. Der Autor kommt zu der Schlussfolgerung, dass Dehnen vor der sportlichen Betätigung das Verletzungsrisiko nicht reduziert.

Herbert und Gabriel (2002) legen einen aktuellen Übersichtsartikel vor, in dem insgesamt acht Einzelarbeiten zur Frage des Zusammenhangs von Dehnen und Muskelkater (sechs Arbeiten) sowie zum Zusammenhang von Dehnen und Verletzungsrisiko (zwei Arbeiten) analysiert werden. Danach verhindert Dehnen weder Muskelkater noch hat es eine verletzungsprophylaktische Wirkung.

Insgesamt sind die genannten Übersichtsarbeiten zur Frage der Verletzungsprophylaxe durch Dehnen sehr kritisch zu bewerten. Ihr hauptsächlichster Mangel besteht darin, dass die jeweils herangezogenen Primärstudien nicht qualitativ bewertet werden und damit die Bedeutung der Befunde unklar bleibt. Es wird versäumt, eindeutige Kriterien dafür zu entwickeln, unter welchen Bedingungen die Ergebnisse einer Studie die globale Hypothese „Dehnen dient der Verletzungsprophylaxe“ bestätigen oder verwerfen. Ein methodisches Instrument zur Bearbeitung solcher Fragestellungen liegt in Form der Metaanalyse vor (Beelmann & Bliesener, 1994; Fricke & Treinies, 1985). Auch wenn gegenüber dieser Methode kritische Einwände berücksichtigt werden sollten (Drinkmann, 1990), gibt sie prinzipiell die Möglichkeit, über in Einzelstudien gefundene Effektgrößen eine globale Hypothese statistisch zu prüfen. Voraussetzung ist allerdings, dass die Primärstudien qualitative (z.B. Situations- und Populationsvalidität, Validität unabhängiger und abhängiger Variablen) und quantitative Parameter (statistische Kennwerte) enthalten (vgl. dazu Schlicht, 1994). Fehlen die letztgenannten, und dies ist in der Regel bei den vorfindbaren Studien zur verletzungsprophylaktischen Wirkung des Dehnens der Fall, kann keine systematische quantitative Integration der Einzelbefunde (Bliesener, 1999) erfolgen. Es ist allerdings aus unserer Sicht nicht angemessen, deshalb die an vielen Stellen sehr

unsachlich geführte Diskussion zu Sinn und Unsinn des Dehnens weiter auf dieser Ebene zu belassen. Auf der Grundlage der genannten qualitativen Bewertung der Primärstudien wird deshalb die Möglichkeit genutzt, zu begründeten integrativen Aussagen zu kommen. Hierfür wird der Begriff der „qualitativen Metaanalyse“ verwendet. Die bereits genannten Übersichtsarbeiten sind hierzu jedoch kaum verwendbar, da nur teilweise (Herbert & Gabriel, 2002; Shrier, 1999) Ansätze zur Bewertung der methodischen Qualität von Einzelstudien enthalten sind. Diese sind allerdings für eine schlüssige Bewertung der aktuellen Befundlage unzureichend. In einer konstruktiven Weiterentwicklung bisheriger Ansätze wurde in enger Anlehnung an die der Methode der Metaanalyse inhärenten Kriterien zur Bewertung der Studienqualität ein eigenes Bewertungsschema entwickelt und auf insgesamt 59 Primärstudien angewendet. Ziel dieser qualitativen Metaanalyse ist es, bisher vorliegende Übersichtsarbeiten zu ergänzen und deren Aussagekraft durch die differenzierte Bewertung von Primärstudien zu erhöhen.

2 Darstellung der Untersuchung

2.1 Methode

2.1.1 Auswahl der Primärstudien

Ausgangspunkt der Recherche war die Bibliothek des Instituts für Sportwissenschaft und das Zeitschriftenarchiv des Instituts für Sport- und Präventivmedizin der Universität des Saarlandes sowie die Saarländische Universitäts- und Landesbibliothek. Dort wurde neben allgemein bekannter Grundlagenliteratur aus dem Gebiet der Dehnforschung und –praxis spezielle Literatur zum Thema „Dehnen und Verletzungsprophylaxe“ gesichtet. Ausgehend von diesen Quellen wurde Querverweisen und Literaturangaben nachgegangen.

Das Internet (Medline, Spolit, Google, Inhaltsverzeichnisse einschlägiger Fachzeitschriften) war zum Zeitpunkt der Datenerhebung im Hinblick auf die Schlagworte der vorliegenden Untersuchung (Dehnen, Verletzung, Muskelkater, stretching, flexibility, injury prevention, delayed muscle soreness) eine wenig effektive Quelle.

Von insgesamt 168 aufgrund der Rechercheergebnisse gesichteten Beiträgen enthielten 59 Untersuchungen inhaltlich eindeutige Angaben zur Klärung der Frage, ob Dehnen der Verletzungsprophylaxe dient. Sie wurden verschiedenen Themenschwerpunkten zugeordnet und genauer analysiert.

2.1.2 Bewertungsschema

Um die Beurteilung der Studien zu objektivieren, wurde ein Schema zur Bewertung ihrer methodischen Qualität entwickelt.

Tab. 1: Kriterien zur Bewertung der Validität von unabhängigen und abhängigen Variablen in Anlehnung an Schlicht, 1994¹

<i>Variablen</i>	<i>Sehr gut (1)</i>	<i>Gut (2)</i>	<i>Schwach (3)</i>	<i>Sehr schwach (4)</i>
Beweglichkeit, Dehnverfahren und Verletzung	Alle Konstrukte sind definiert	Mindestens Verletzung ist definiert	Mindestens Verletzung ist definiert	Keine oder ungenügende Angaben
Dehnübungen und Belastungsnormativa	Genau Beschreibung und quantitative Angaben	Genau Beschreibung und quantitative Angaben	Genau Beschreibung und quantitative Angaben	Keine oder ungenügende Angaben
Messverfahren, Reliabilität und Validität der Messinstrumente zur Erfassung von Beweglichkeit	Beschreibung des Messverfahrens, Prüfung und Bewertung von Reliabilität und Validität	Beschreibung des Messverfahrens, Prüfung und Bewertung von Reliabilität und Validität	Beschreibung des Messverfahrens	Keine oder ungenügende Angaben
Messverfahren, Reliabilität und Validität der Messinstrumente zur Erfassung von Verletzungen	Beschreibung des Messverfahrens, Prüfung und Bewertung von Reliabilität und Validität	Beschreibung des Messverfahrens	Keine oder ungenügende Angaben	Keine oder ungenügende Angaben

Das entstandene Bewertungsraster orientiert sich an dem Schema von Schlicht (1994). Schlicht hat in Anlehnung an Hager und Westermann (1983) und Campbell und Stanley (1966) ein Konzept entwickelt, mit dem die qualitative Wertigkeit eines Forschungsbefundes anhand von neun Merkmalen beurteilt werden kann.

Für die vorliegende Literaturanalyse wurden die Merkmale „Hypothesen“, „Situations- und Populationsvalidität“, „Validität der unabhängigen und der abhängigen Variablen“ (vgl. Tab. 1), „statistische Validität“ sowie „interne Validität“ herausgearbeitet.

Jede Untersuchung wurde von beiden Autoren hinsichtlich dieser Merkmale bewertet, wobei jedes einzelne der fünf Merkmale über ein vierstufiges Rating beurteilt wird. Dabei ist (1) sehr gut, (2) gut, (3) schwach und (4) sehr schwach. Die inter-rater

¹ Die jeweilige Bewertung wurde vergeben, wenn *alle* 4 genannten Bedingungen gegeben waren. Die Abstufung von Note 1 zu Note 2 ergibt sich demnach dadurch, dass nicht alle verwendeten Konstrukte definiert und Reliabilität und Validität der verwendeten Messverfahren zur Erfassung der Verletzungen nicht geprüft sind.

Übereinstimmung drückt sich in einer Korrelation von $r = .94$ aus. Das Gesamturteil einer Studie ergibt sich aus dem Mittelwert der für die fünf Merkmale ermittelten Punkte. Als „verwendbar“ wurden die Studien mit einer Bewertung von mindestens befriedigend (3,0 Punkte) herangezogen.

2.2 Untersuchung

Um die möglichen Effekte von Dehnen differenziert betrachten zu können, wurde eine Einteilung der ausgewählten Untersuchungen in drei Kategorien vorgenommen. In einer ersten Kategorie werden Studien dargestellt, die Verletzungsprophylaxe als einen kurzfristigen Effekt von Dehnmaßnahmen erforschten. Es soll geklärt werden, ob Dehnübungen, die unmittelbar in Verbindung mit der sportlichen Betätigung durchgeführt werden, einen direkten Einfluss auf das Verletzungsrisiko haben.

Anschließend soll geprüft werden, ob ein Zusammenhang besteht zwischen der allgemeinen Beweglichkeit eines Menschen und seinem Risiko, während des Sporttreibens eine Verletzung zu erleiden. Es werden Untersuchungen herangezogen, welche die Verletzungshäufigkeit bei Personen mit überdurchschnittlicher oder eingeschränkter Beweglichkeit ausgewertet haben.

In einem letzten Punkt geht es um den Einfluss von Dehnübungen auf die Entstehung von Muskelkater, der als „nicht pathologisches“ Modell von Muskelverletzungen betrachtet wird. Überprüft wird die weit verbreitete Annahme, dass Muskelkater durch Dehnübungen gelindert werden könne.

Innerhalb der genannten drei Kategorien wird nach prospektiven und retrospektiven Studien differenziert. Zwar sind retrospektive Studien nicht grundsätzlich schlecht zu bewerten, für die Frage aber, ob die registrierten Verletzungen durch eine eingeschränkte Beweglichkeit begünstigt worden sind, haben sie wenig Aussagekraft. Schließlich kann die Einschränkung in der Beweglichkeit rückwirkend als eine mögliche Folge der Verletzung entstanden sein. Ebenso kann sich das Dehnverhalten aufgrund einer Verletzung geändert haben.

2.2.1 Dehnen und Verletzungsrisiko

Die Anzahl der Untersuchungen, die sich mit dem direkten Einfluss von Dehnübungen, welche unmittelbar in Verbindung mit der sportlichen Betätigung durchgeführt werden, auf das Verletzungsrisiko befasst haben, sowie die Bewertung ihrer methodischen Qualität sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die letzte Zeile der Tabelle enthält Studien, welche aufgrund ihrer besseren methodischen Qualität zur Beantwortung der Fragestellung herangezogen werden können.

In der Mehrzahl der Studien wurden die Dehngewohnheiten der Probanden anhand eines Fragebogens erhoben (Blair, Kohl & Goodyear, 1987; Brunet, Cook, Brinker & Dickinson, 1990; Dirx, Bouter & de Geus, 1992; Howell, 1984; Jacobs & Berson, 1986; Johannsen & Stallknecht, 1993; Kerner & D'Amico, 1983; Macera et al., 1989; Walter, Hart, McIntosh & Sutton, 1989; Wilber, Holland, Madinson & Loy, 1995). Lediglich bei den Untersuchungen von Agre und Baxter (1987), Clayfield (1980), Hartig und Henderson (1999) und Jenkins (1976) sowie Pope, Herbert, Kirwan und

Graham (2000) wurde ein Treatment durchgeführt, das ausschließlich aus Dehnübungen bestand.

Bei einer Gesamtzahl von 21 Untersuchungen können neun die These unterstützen, dass *Dehnen das Verletzungsrisiko reduziert*. Davon sind sieben Studien prospektiv. Zwei Untersuchungen arbeiten mit einem retrospektiven Design.

Tab. 2: Befunde, welche sich mit dem Einfluss von Dehnen auf das Verletzungsrisiko befassen haben

	Dehnen reduziert das Verletzungsrisiko.				Dehnen erhöht das Verletzungsrisiko.				Dehnen hat keinen Einfluss auf das Verletzungsrisiko.			
	K	Note	Vpn	Treatment	K	Note	Vpn	Treatment	K	Note	Vpn	Treatment
prosp.	7	3,2	1.848	6					3	3,1	1.874	3
prosp./retro.									2	2,7	2.263	-
Retro.	2	2,9	1.160	-	5	3,5	1.031	-	2	3,3	1.943	-
Verwendbar	2	2,7	353	2					3	2,55	3.801	1

K = Anzahl der Untersuchungen;

Note = durchschnittliche Gesamtnote der Bewertung der methodischen Qualität der Untersuchungen;

Vpn = Anzahl der Versuchspersonen;

Treatment = Anzahl der Untersuchungen, die mit einem Treatment gearbeitet haben.

Die methodische Qualität der Arbeiten ist so schwach, dass lediglich die Arbeiten von Bixler und Jones (1992) und Hartig und Henderson (1999) mit einer Gesamtnote von 2,8 bzw. 2,6 einer ernsthaften Betrachtung unterzogen werden können. Dies reicht jedoch bei weitem nicht aus, um von einer gesicherten Befundlage sprechen zu können.

Die fünf Arbeiten, nach welchen *Dehnen* unmittelbar vor dem Sport das *Verletzungsrisiko erhöhen* soll, sind alle retrospektiv. Aufgrund ihrer sehr schwachen methodischen Qualität (durchschnittliche Gesamtnote: 3,5) erweisen sich die Untersuchungen als ungeeignet, die These, dass Dehnen zu einer Erhöhung des Verletzungsrisikos führt, zu stützen.

Zu dem Ergebnis, dass die Durchführung von Dehnmaßnahmen keinen Einfluss auf das Verletzungsrisiko während der nachfolgenden sportlichen Aktivität hat, kommen insgesamt sieben Untersuchungen. Von diesen sind drei prospektiv (Clayfield, 1980; van Mechelen, Hlobil, Kemper, Voorn & de Jongh, 1993; Pope et al., 2000) und zwei retrospektiv (Blair et al., 1987; Brunet et al., 1990). Zwei weitere Autoren haben ein retrospektives und prospektives Design miteinander kombiniert (Macera et al., 1989; Walter et al., 1989). Aufgrund ihrer besseren methodischen Qualität gehen aus diesem Kapitel die Studien von Pope et al. (2000), Macera et al. (1989) und Walter et al. (1989) mit Gesamtnoten von 2,4, 2,8 und 2,6 hervor.

Somit stehen zwei Arbeiten mit einer durchschnittlichen Gesamtnote von 2,7, welche die These vertreten, dass Dehnen zu einer Reduktion des Verletzungsrisikos führt, drei Arbeiten mit einer durchschnittlichen Gesamtnote von 2,6 gegenüber, nach welchen Dehnen keinen Einfluss auf das Verletzungsrisiko hat.

Dieses Ergebnis erlaubt keine eindeutigen Schlussfolgerungen oder gar Empfehlungen für die Sportpraxis. Das Verletzungsrisiko scheint sich durch Dehnen weitaus weniger beeinflussen zu lassen als allgemein angenommen wird.

2.2.2 Beweglichkeit und Verletzungsrisiko

Geht man davon aus, dass die Durchführung von Dehnübungen langfristig zu einer Vergrößerung der Bewegungsreichweite führt (Halbertsma & Göeken, 1994; Hardy, 1985; Hardy & Jones, 1986; Wiemann, 1991), so ließe sich unter der Voraussetzung, dass ein Zusammenhang zwischen der Beweglichkeit und dem Verletzungsrisiko besteht, mit Dehnmaßnahmen Einfluss auf das Verletzungsrisiko nehmen.

Es werden 25 Untersuchungen aufgeführt, die sich mit dem Einfluss der Beweglichkeit auf das Verletzungsrisiko befasst haben. In einigen Studien stellte sich eine geringe, in anderen eine hohe Beweglichkeit als Risikofaktor für Verletzungen heraus. Mehrere Autoren konnten keinen Zusammenhang zwischen der Beweglichkeit und dem Verletzungsrisiko nachweisen. Die verschiedenen Standpunkte werden durch eine ähnliche Anzahl von Untersuchungen repräsentiert (siehe Tabelle 3).

Zehn der Studien, die sich mit dem Einfluss der Beweglichkeit auf das Verletzungsrisiko beschäftigt haben, kommen zu dem Ergebnis, dass eine *geringe Beweglichkeit das Verletzungsrisiko erhöht*. Folglich könnte mit Dehnmaßnahmen eine Verbesserung der Beweglichkeit und damit eine Reduktion der Verletzungshäufigkeit erreicht werden. Von diesen Untersuchungen sind sechs prospektiv (Ekstrand & Gillquist, 1983; Hartig & Henderson, 1999; Jones et al., 1993; Krivickas & Feinberg, 1996; Liemohn, 1978; Rupp & Kuppig, 1995) und vier retrospektiv (Jönhagen, Németh & Eriksson, 1994; Pieper & Schulte, 1996; Reid, Burnham, Saboe & Kushner, 1987; Worrell, Perrin, Gansneder & Gieck, 1991).

Insgesamt können aufgrund ihrer besseren methodischen Qualität die Arbeiten von Ekstrand und Gillquist (1983), Hartig und Henderson (1999), Jones et al. (1993) und Krivickas und Feinberg (1996) mit einer durchschnittlichen Gesamtnote von 2,6 die These stützen, dass eine geringe Beweglichkeit das Verletzungsrisiko erhöht.

Tab. 3: Befunde, welche sich mit dem Einfluss der Beweglichkeit auf das Verletzungsrisiko befasst haben

	Eine geringe Beweglichkeit erhöht das Verletzungsrisiko.				Eine hohe Beweglichkeit erhöht das Verletzungsrisiko.				Die Beweglichkeit hat keinen Einfluss auf das Verletzungsrisiko.			
	K	Note	Vpn	Treatment	K	Note	Vpn	Treatment	K	Note	Vpn	Treatment
prosp.	6	2,8	1.052	1	4	2,9	1.412		6	3,0	4.366	-
prosp./retro.									2	2,7	3.220	-
retro.	4	2,9	158	-	3	3,2	454	-	2	3,1	247	-
verwendbar	4	2,6	982	1	3	2,7	1.273	-	4	2,5	1.138	-

K = Anzahl der Untersuchungen

Note = durchschnittliche Gesamtnote der Bewertung der methodischen Qualität der Untersuchungen

Vpn = Anzahl der Versuchspersonen

Treatment = Anzahl der Untersuchungen, die mit einem Treatment gearbeitet haben

Sieben weitere Arbeiten gehen davon aus, dass eine zu *hohe Beweglichkeit das Verletzungsrisiko erhöht*. Demzufolge wäre Dehnen eher kontraindiziert, da es die Beweglichkeit weiter verbessern und das Auftreten von Verletzungen begünstigen würde. Vier dieser Untersuchungen sind prospektiv (Díaz, Estévez & Guijo, 1993; Giladi et al., 1987; Jones et al., 1993; Nicholas, 1970). Drei weitere arbeiten mit einem retrospektiven Design (Howell, 1984; Kirby et al., 1981; Klemp, Stevens & Isaacs, 1984). Mit einer durchschnittlichen Gesamtnote von 2,7 können die Arbeiten von Díaz, Estévez und Guijo (1993), Giladi et al. (1987) und Jones et al. (1993) diese These unterstützen.

Keinen Einfluss der Beweglichkeit auf das Verletzungsrisiko konnten dagegen zehn weitere Untersuchungen feststellen. Von diesen sind sechs Arbeiten prospektiv (Ekstrand & Gillquist, 1983; Godshall, 1975; Grana & Moretz, 1978; Kalenak & Morehouse, 1975; Knapik, Bauman, Jones, Harris & Vaughan, 1991; Moretz, Walters & Smith, 1982) und zwei retrospektiv (Burkett, 1970; Ekstrand & Gillquist, 1982). In zwei weiteren Untersuchungen wurde zunächst retrospektiv und anschließend prospektiv gearbeitet (Jackson et al., 1978; Wiesler, Hunter, Martin, Curl & Hoen, 1996). Aufgrund ihrer besseren methodischen Qualität können aus diesem Kapitel die Studien von Ekstrand und Gillquist (1983), Grana und Moretz (1978), Knapik,

Bauman, Jones, Harris und Vaughan (1991) und Wiesler, Hunter, Martin, Curl und Hoen (1996) in die Gesamtbetrachtung mit eingehen. Zusammengenommen haben diese Arbeiten eine Gesamtnote von 2,6 erhalten.

Letztendlich werden die unterschiedlichen Positionen durch die jeweils gleiche Anzahl von drei bzw. vier Studien gestützt. Die durchschnittliche methodische Qualität dieser Studien liegt mit Gesamtnoten von 2,6 bzw. 2,7 auf fast gleicher Ebene.

Insgesamt wird deutlich, dass aufgrund der dargestellten Befundlage kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Beweglichkeit und Verletzungsanfälligkeit besteht. Es kann demnach sowohl eine geringe als auch eine hohe Beweglichkeit als Prädisposition für mögliche Verletzungen gesehen werden. Dementsprechend scheint eine ‚normale‘ Beweglichkeit das Verletzungsrisiko weder im positiven noch im negativen Sinne zu beeinflussen.

2.2.3 Dehnen und Muskelkater

Wiemann und Kamphöfner (1995) haben vorgeschlagen, Muskelkater als Folge von Mikrotraumen zu betrachten und als ‚nicht pathologisches‘ Modell von Muskelverletzungen zu verwenden. Muskelkater im Sinne einer graduellen Verletzung wäre demnach als geeignetes Merkmal zu betrachten, die Bedeutung des Dehnens auf die Entstehung von Muskelkater zu überprüfen. Die vielfach geäußerte These, dass Dehnen das Auftreten von Muskelkater verhindert, lässt sich nach Durchsicht der Literatur nicht bestätigen.

Soll dieser Zusammenhang überprüft werden, so müsste das Dehnen in jedem Fall zeitlich vor der sportlichen Betätigung liegen. Dennoch erfolgte bei den meisten Untersuchungen das Dehnprogramm erst im Anschluss an die Muskelkater auslösende Übung. Lediglich sechs Autoren haben in ihrem Versuchsplan die Dehnübungen vor die körperliche Belastung gelegt (High, Howley & Franks, 1989; Johansson, Lindström, Sundelin & Lindström, 1999; Rodenburg, Steenbeek, Schiereck & Bär, 1994; Wiemann & Kamphöfner, 1995) oder zumindest ‚vorher und nachher‘ (Lund, Vestergaard-Poulsen, Kanstrup & Sejrsen, 1998) bzw. ‚vorher oder nachher‘ gedehnt (Wessel & Wan, 1994). Eine Übersicht über die analysierten Arbeiten gibt Tabelle 4.

Fünf Arbeiten haben als Folge von Dehnen in Verbindung mit exzentrischen Belastungen eine Reduktion des Muskelkaters registriert (Abraham, 1977; de Vries, 1961a, 1961b, 1966; Rodenburg et al., 1994). Bei den dargestellten Untersuchungen handelt es sich überwiegend um Arbeiten älteren Datums mit einer mangelhaften methodischen Qualität (durchschnittliche Gesamtnote: 3,1). Es kann daher nicht mit Sicherheit gesagt werden, dass Dehnen Muskelkater lindert.

Wiemann und Kamphöfner (1995) stellten nach dem Dehnen eine Verstärkung des Muskelkaters fest. In einer weiteren Untersuchung konnte allein durch die Anwendung von Dehnübungen Muskelkater ausgelöst werden (L. L. Smith et al., 1993). Diese Arbeiten weisen darauf hin, dass extrem lange Dehnzeiten (sechs bis 15 Minuten je Muskelgruppe), wie sie in der Praxis zumindest unmittelbar vor sportlichen Belastungen in der Regel nicht vorkommen, Muskelkater durchaus verstärken oder sogar auslösen können. In Bezug auf den Zusammenhang von Dehnen und

Verletzungen lassen sich daraus jedoch keine Rückschlüsse ziehen. Für ihre methodische Qualität erhielten die beiden Arbeiten eine durchschnittliche Gesamtnote von 2,6.

Tab. 4: Befunde, welche sich mit dem Einfluss von Dehnen auf den durch körperliche Belastung hervorgerufenen Muskelkater befasst haben

	Dehnen reduziert Muskelkater.				Dehnen verstärkt Muskelkater.				Dehnen hat keinen Einfluss auf Muskelkater.			
	K	Note	Vpn	Treatment	K	Note	Vpn	Treatment	K	Note	Vpn	Treatment
prosp.	5	3,1	84	5	2	2,6	44	2	6	2,4	158	6
verwendbar									4	2,3	99	4

K = Anzahl der Untersuchungen

Note = durchschnittliche Gesamtnote der Bewertung der methodischen Qualität der Untersuchungen

Vpn = Anzahl der Versuchspersonen

Treatment = Anzahl der Untersuchungen, die mit einem Treatment gearbeitet haben

Sechs weitere Autoren sahen keinen Zusammenhang zwischen der Durchführung von Dehnmaßnahmen und der Intensität des durch körperliche Belastung hervorgerufenen Muskelkaters. Demnach ließe sich Muskelkater durch Dehnen nicht beeinflussen. In vier dieser Untersuchungen lag das Dehntreatment zeitlich vor (High et al., 1989; Johansson et al., 1999) bzw. vor und/oder nach (Lund et al., 1998; Wessel & Wan, 1994) der sportlichen Betätigung. Die methodische Qualität dieser Arbeiten wurde mit zweimal 2,2 und zweimal 2,4 bewertet.

Aufgrund der vorliegenden Befunde ist anzunehmen, dass sich Muskelkater durch praxisrelevante Dehnmaßnahmen nicht beeinflussen lässt. Dehnübungen mit extrem langen Dehnzeiten (sechs bis 15 Minuten je Muskelgruppe) können sogar Muskelkater hervorrufen.

2.2.4 Zusammenfassung

Während 19 Studien eine verletzungsprophylaktische Wirkung bestätigen, wird in 12 Studien eine Erhöhung des Verletzungsrisikos durch Dehnen oder eine erhöhte Beweglichkeit festgestellt. 17 Untersuchungen kommen zu einer neutralen Bewertung (vgl. Tab. 5). Auch wenn nur die qualitativ guten (Benotung < 3) Studien herangezogen werden, kommen auf zwei hypothesenkonforme Befunde (Dehnen wirkt verletzungsprophylaktisch) drei nicht konforme (widersprechende bzw. neutrale) Befunde.

Insgesamt ist bemerkenswert, dass die Qualität der Primärstudien mit einer durchschnittlichen Bewertung von 3,0, definiert über die 4-stufige Bewertungsskala, nur im Bereich „schwach“ bis „sehr schwach“ anzusiedeln ist.

Tab. 5: Zusammenfassende Übersicht zur Anzahl und Bewertung der Studien

Fragestellung	Art der Untersuchung	Verletzungsreduktion	Note	Verletzungserhöhung	Note	neutral	Note
Dehnen – Verletzungsrisiko	prospektiv	7	3,2			3	3,1
	gemischt	-				2	2,7
	retrospektiv	2	2,9	5	3,5	2	3,3
Beweglichkeit – Verletzungsrisiko	prospektiv	6	2,8	4	2,9	6	3,0
	gemischt	-		-		2	2,7
	retrospektiv	4	2,9	3	3,2	2	3,1
Summe		19	3,0	12	3,2	17	3,0
Studienqualität gut bis befriedigend		6	2,65	3	2,7	7	2,5

3 Interpretation und Diskussion

Die vorgelegte Literaturanalyse macht deutlich, dass pauschale Aussagen zur verletzungsprophylaktischen Wirkung von Dehnen empirisch nicht zu belegen sind. Dies zeigt sich deutlich in der Verteilung der Anzahl der unterschiedlichen Befunde (siehe Tabelle 5).

Diese Befundlage beruht im Wesentlichen auf der wenig differenzierten Betrachtung von Verletzungsursachen, Dehnverfahren und Dehneffekten, aber auch auf der grundsätzlichen methodischen Schwierigkeit, Verletzungen als abhängige Variable zu erfassen.

Verletzungen der Muskulatur, insbesondere Muskelzerrungen und -risse können durch eine zu geringe Beweglichkeit mit verursacht werden. In diesen Fällen sollte die durch Dehnen unabhängig vom gewählten Verfahren gut belegte Verbesserung der Bewegungsreichweite (Schönthaler & Ohlendorf, 2002; Wydra, 1997) verlet-

zungsprophylaktisch wirken. Dagegen stehen Verletzungen des Bindegewebes sowie Gelenkverletzungen häufig in Verbindung mit der Beeinträchtigung der muskulären Kraftentfaltung, wodurch eine Erhöhung des Verletzungsrisikos zu erwarten ist. Grundsätzlich ist aufgrund des creeping-Phänomens und der längenkonstanten Relaxation (Ullrich & Gollhofer, 1994) beim statischen Dehnen von einer temporären Beeinträchtigung der Kraftentfaltung auszugehen (Hennig & Podzielnny, 1994; Rosenbaum & Hennig, 1997; Wiemeyer, 2002). Dies sollte hinsichtlich der Verletzungsprophylaxe immer dann negativ zu Buche schlagen, wenn die schädigende Belastung in Form einer schnellen Auslenkung im Gelenk mit möglicherweise großer Amplitude auftritt (Distorsion des oberen Sprunggelenks beim Laufen; Scherbelastung des Kniegelenks beim Innenseitstoß im Fußball). Die reduzierte Kraftentfaltung wäre dann Ursache dafür, dass das Risiko für Knorpel-, Band- und Sehnenverletzungen erhöht ist. Die Beeinträchtigung der Kraftentfaltung ist allerdings nur temporär und in der Regel ist auch die gelenkstabilisierende Kraftleistung nicht unmittelbar nach einer Dehnbelastung gefordert. Darüber hinaus hat Chagas (2001) festgestellt, dass nach statischem Dehnen die Maximalkraft nicht und die Explosivkraft nur in spezifischen Gelenkpositionen vermindert ist. Eine Erhöhung des Verletzungsrisikos infolge Dehnens oder einer guten Beweglichkeit erscheint also insgesamt eher unwahrscheinlich. Nicht beantwortet ist damit allerdings die Frage nach dem Zusammenhang von Dehnen und sportlicher Leistungsfähigkeit.

In nahezu allen analysierten Studien wird als Dehnverfahren das statische Dehnen angewendet. Dies ist wohl auch darauf zurückzuführen, dass eine allgemein schlüssige und akzeptierte Operationalisierung der Frequenz und der Amplitude beim dynamischen Dehnen fehlt. Im Gegensatz zur Verbesserung der Bewegungsreichweite durch dynamisches Dehnen (Moore & Hutton, 1980; Wiemann, 1994; Wydra, Bös & Karisch, 1991; Wydra, Glück & Roemer, 1999) liegen bisher keine differenzierten Befunde zum Zusammenhang von dynamischen Dehnverfahren und deren Wirkung auf die Kraftentfaltung vor. Möglicherweise wären hier im Vergleich zum statischen Dehnen hinsichtlich des Verletzungsrisikos gegenläufige Effekte zu erwarten, weil die tonussenkenden Effekte einer statischen Dehnung (Schönthaler et al., 1998; Ullrich & Gollhofer, 1994) nicht auftreten sollten (Freiwald & Engelhard, 1994).

Die in der vorgelegten Literaturanalyse aufgezeigte sehr unbefriedigende Befundlage zum Zusammenhang von Dehnen, Beweglichkeit und Verletzungsrisiko ließe sich nur dann überwinden, wenn prospektive Untersuchungen mit einer operationalisierten Dehn-Intervention durchgeführt werden. Unter den 59 analysierten Studien trifft dies nur auf 23 Studien zu, wobei der größte Anteil mit 13 Studien auf die Untersuchung des Zusammenhangs von Dehnen und Muskelkater entfällt.

Es ist darüber hinaus zu fordern, dass die verwendeten Dehnverfahren theoretisch plausibel begründet und daraus gerichtete Erwartungen abgeleitet werden können. Betrachtet man die in die Literaturanalyse einbezogenen Arbeiten, so ist bezüglich dieses Aspektes sicherlich das größte Defizit festzustellen. Um zu gesicherten Aussagen zu gelangen, erscheint es sinnvoll, folgende „verletzungsrelevanten“ Aspekte zu berücksichtigen:

- a) Ermittlung des Anforderungsprofils der Sportart bzw. der Bewegungsabläufe hinsichtlich der Beweglichkeit und des erwünschten Muskelfunktionszustands nach dem Erwärmen;
- b) zeitliche Differenzierung der Dehneffekte in kurz- und langfristige (überdauernde) Effekte;
- c) Differenzierung der Dehneffekte in Abhängigkeit von unterschiedlichen Verfahren (statisches bzw. dynamisches Dehnen) und Belastungsgrößen (Intensität, Dauer, Häufigkeit, Dichte);
- d) Entwicklung und Einsatz standardisierter, valider und reliabler Messverfahren zur Bestimmung der passiven sowie der aktiven Beweglichkeit
- e) Klassifizierung der in einer Sportart bei spezifischen Bewegungsabläufen auftretenden Verletzungen;

Auf diesem Weg können gerichtete Hypothesen zum Zusammenhang von Dehnverfahren und der akuten und überdauernden Reduktion des Verletzungsrisikos formuliert und adäquate Studiendesigns entwickelt werden. Erst auf der Grundlage daraus resultierender Ergebnisse erscheinen Aussagen zur verletzungsprophylaktischen Wirkung von Dehnen zulässig.

Literatur

- Abraham, W. M. (1977). Factors in delayed muscle soreness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 9 (1), 11 - 20.
- Agre, J. C. & Baxter, T. L. (1987). Musculoskeletal profile of male collegiate soccer players. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 68, 147 - 150.
- Beilmann, A. & Bliesener, T. (1994). Aktuelle Probleme und Strategien der Metaanalyse. *Psychologische Rundschau*, 45, 211-233.
- Bixler, B. & Jones, R. L. (1992). High-school football injuries: effects of a post-half-time warm-up and stretching routine. *Family Practice Research Journal*, 12, 131 - 139.
- Blair, S. N., Kohl, H. W. & Goodyear, N. N. (1987). Rates and risks for running and exercise injuries: studies in three populations. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 58 (23), 221 - 228.
- Bliesener, T. (1999). Methoden der systematischen Befundintegration. Eine Übersicht über Möglichkeiten und Grenzen der Meta-Analyse. In: J. Wiemeyer (Hrsg.) *Forschungsmethodologische Aspekte von Bewegung, Motorik und Training im Sport* (S. 55-71). Hamburg: Czwalina.
- Brunet, M. E., Cook, S. D., Brinker, M. R. & Dickinson, J. A. (1990). A survey of running injuries in 1505 competitive and recreational runners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 30 (1), 307 - 315.
- Burkett, L. N. (1970). Causative factors in hamstring strains. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2 (1), 39 - 42.
- Campbell, D. T. & Stanley, J. C. (1966). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Chicago.

- Chagas, M. H. (2001). *Auswirkungen von Beweglichkeitstraining auf die muskuläre Leistungsfähigkeit*. Dissertation, J.-W.-Goethe Universität, Frankfurt.
- Cullo, J. V. & Zarins, B. (1983). Biomechanics of the musculotendinous unit: relation to athletic performance and injury. *Clinics in Sports Medicine*, 2 (1), 71 - 86.
- Clayfield, J. (1980). Stretch before strain. *Australian Journal of Sports Medicine*, 12 (3), 68 - 70.
- De Vries, H. A. (1961a). Electromyographic observations of the effects of static stretching upon muscular distress. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 32 (4), 468 - 479.
- De Vries, H. A. (1961b). Prevention of muscular distress after exercise. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 32 (2), 177 - 185.
- De Vries, H. A. (1966). Quantitative electromyographic investigation of the spasm theory of muscle pain. *American Journal of Physical Medicine*, 45 (3), 119 - 134.
- Díaz, M. A., Estévez, E. C. & Guijo, P. S. (1993). Joint hyperlaxity and musculoligamentous lesions: study of a population of homogeneous age, sex, and physical exertion. *British Journal of Rheumatology*, 32, 120 - 122.
- Dirx, M., Bouter, L. M. & de Geus, G. H. (1992). Aetiology of handball injuries: a case-control study. *British Journal of Sports Medicine*, 26 (3), 121 - 124.
- Drinkmann, A. (1990). *Methodenkritische Untersuchungen zur Metaanalyse*. Weinheim: Deutscher Studienverlag.
- Ekstrand, J. & Gillquist, J. (1982). The frequency of muscle tightness and injuries in soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 10 (2), 75 - 78.
- Ekstrand, J. & Gillquist, J. (1983). The avoidability of soccer injuries. *International Journal of Sports Medicine*, 4 (2), 124 - 128.
- Fixx, J. (1980). *Second book of running*. New York City: Random House.
- Freiwald, J. & Engelhard, M. (1994). Zu Einschränkungen der Beweglichkeit, deren Ursachen und möglichen Interventionen. In M. Hoster & H. U. Nepper (Hrsg.), *Dehnen und Mobilisieren* (S. 72-101). Waldenburg: Sport Consult.
- Fricke, R. & Treinies, G. (1985). *Einführung in die Metaanalyse*. Bern/Stuttgart/Toronto: Hans Huber.
- Giladi, M., Milgrom, C., Stein, M., Kashtan, H., Margulies, J., Chisin, R. et al. (1987). External rotation of the hip. A predictor of risk for stress fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 216, 131 - 134.
- Gleim, G. W. & McHugh, M. P. (1997). Flexibility and its effects on sports injury and performance. *Sports Medicine*, 24 (5), 289 - 299.
- Godshall, R. W. (1975). The predictability of athletic injuries: an eight-year study. *Journal of Sports Medicine*, 3 (1), 50 - 54.
- Grana, W. A. & Moretz, J. A. (1978). Ligamentous laxity in secondary school athletes. *Journal of American Medical Association*, 240, 1975 - 1976.
- Hager, W. & Westermann, R. (1983). Planung und Auswertung von Experimenten. In H. Feger (Hrsg.), *Hypothesenprüfung* (S. 24-238). Göttingen: Hogrefe.
- Halbertsma, J. P. K. & Göeken, L. N. H. (1994). Stretching exercises: effect on passive extensibility and stiffness in short hamstrings of healthy subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 75, 976 - 981.
- Hardy, L. (1985). Improving active range of hip flexion. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56 (2), 111 - 114.

- Hardy, L. & Jones, D. (1986). Dynamic flexibility and proprioceptive neuromuscular facilitation. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57 (2), 150 - 153.
- Hartig, D. E. & Henderson, J. M. (1999). Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *The American Journal of Sports Medicine*, 27 (2), 173 - 176.
- Hennig, E. & Podzielný, S. (1994). Die Auswirkungen von Dehn- und Aufwärmübungen auf die Vertikalsprungleistung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 45 (6), 253 - 260.
- Herbert, R. D. & Gabriel, M. (2002). Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *Journal of Medical Screening*, 325, 1-5.
- High, D. M., Howley, E. T. & Franks, B. D. (1989). The effects of static stretching and warm-up on prevention of delayed-onset muscle soreness. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60 (4), 357 - 361.
- Howell, D. W. (1984). Musculoskeletal profile and incidence of musculoskeletal injuries in lightweight women rowers. *The American Journal of Sports Medicine*, 12 (4), 278 - 282.
- Jackson, D. W., Jarrett, H., Bailey, D., Kausek, J., Swanson, J. & Powell, J. W. (1978). Injury prediction in the young athlete: a preliminary report. *American Journal of Sports Medicine*, 6 (1), 6 - 13.
- Jacobs, S. J. & Berson, B. L. (1986). Injuries to runners: a study of entrants to a 10,000 meter race. *American Journal of Sports Medicine*, 14 (2), 151 - 155.
- Jenkins, F. C. (1976). Stretching to shorten the injury list. *The Athletic Journal*, 57 (23), 58 - 59.
- Johannsen, F. & Stallknecht, B. (1993). Training, injuries and infections among elite orienteers. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 3, 273 - 278.
- Johansson, P. H., Lindström, L., Sundelin, G. & Lindström, B. (1999). The effects of preexercise stretching on muscular soreness, tenderness and force loss following heavy eccentric exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 9, 219 - 225.
- Jones, B. H., Cowan, D. N., Tomlinson, J. P., Robinson, J. R., Polly, D. W. & Frykman, P. N. (1993). Epidemiology of injuries associated with physical training among young men in the army. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25 (2), 197 - 203.
- Jönhagen, S., Németh, G. & Eriksson, E. (1994). Hamstring injuries in sprinters. The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *American Journal of Sports Medicine*, 22 (2), 262 - 266.
- Kalenak, A. & Morehouse, C. A. (1975). Knee stability and knee ligament injuries. *Journal of the American Medical Association*, 234, 1143 - 1145.
- Kerner, J. A. & D'Amico, J. C. (1983). A statistical analysis of a group of runners. *Journal of the American Podiatry Association*, 73, 160 - 164.
- Kirby, R. L., Simms, F. C., Symington, V. J. & Garner, J. B. (1981). Flexibility and musculoskeletal symptomatology in female gymnasts and age-matched controls. *The American Journal of Sports Medicine*, 9 (3), 160 - 164.
- Klemp, P., Stevens, J. E. & Isaacs, S. (1984). A hypermobility study in ballet dancers. *Journal of Rheumatology*, 11, 692 - 696.
- Knapik, J. J., Bauman, C. L., Jones, B. H., Harris, J. M. & Vaughan, L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 19 (1), 76 - 81.
- Krivickas, L. S. & Feinberg, J. H. (1996). Lower extremity injuries in college athletes: relation between ligamentous laxity and lower extremity muscle tightness. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77, 1139 - 1143.

- Kujala, U. M., Orava, S. & Järvinen, M. (1997). Hamstring injuries. Current trends in treatment and prevention. *Sports Medicine*, 23 (6), 397 - 404.
- Liemohn, W. (1978). Factors related to hamstring strains. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 18, 71 - 76.
- Lund, H., Vestergaard-Poulsen, P., Kanstrup, I.-L. & Sejrsen, P. (1998). The effect of passive stretching on delayed onset muscle soreness, and other detrimental effects following eccentric exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 8, 216 - 221.
- Macera, C. A., Pate, R. R., Powell, K. E., Jackson, K. L., Kendrick, J. S. & Craven, T. E. (1989). Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. *Archives of Internal Medicine*, 149, 2565 - 2568.
- Mechelen van, W., Hlobil, H., Kemper, H. C. G., Voorn, W. J. & de Jongh, H. R. (1993). Prevention of running injuries by warm-up, cool-down, and stretching exercises. *American Journal of Sports Medicine*, 21 (5), 711 - 719.
- Moore, M. A. & Hutton, R. S. (1980). Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12 (5), 322-329.
- Moretz, J. A., Walters, R. & Smith, L. (1982). Flexibility as a predictor of knee injuries in college football players. *The Physician and Sportsmedicine*, 10 (7), 93 - 97.
- Nicholas, J. A. (1970). Injuries to knee ligaments. Relationship to looseness and tightness in football players. *Journal of American Medical Association*, 212 (13), 2236 - 2239.
- Pieper, H.-G. & Schulte, A. (1996). Muscular imbalances in elite swimmers and their relation to typical sports lesions. *Sports Exercise and Injury*, 2, 96 - 99.
- Pope, R. P., Herbert, R. D., Kirwan, J. D. & Graham, B. J. (2000). A randomised trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32 (2), 271 - 277.
- Reid, D. C., Burnham, R. S., Saboe, L. A. & Kushner, S. F. (1987). Lower extremity flexibility patterns in classical ballet dancers and their correlation to lateral hip and knee injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 15 (4), 347 - 352.
- Rodenburg, J. B., Steenbeek, D., Schiereck, P. & Bär, P. R. (1994). Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 414 - 419.
- Rosenbaum, D. & Hennig, E. M. (1997). Veränderung der Reaktionszeit und Explosivkraftentfaltung nach einem passiven Stretchingprogramm und 10minütigem Aufwärmen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 48 (3), 95 - 99.
- Roth, P. & Benjamin, B. (1979). Warming up versus stretching. *Running Times*, 34, 15 - 21.
- Rupp, S. & Kuppig, R. (1995). Muskeldehnbarkeit und Verletzungshäufigkeit im Fußballsport. Prospektive Untersuchung über eine Saison. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 46 (2), 127 - 132.
- Safran, M. R., Seaber, A. V. & Garrett, W. E. (1989). Warm-up and muscular injury prevention. An update. *Sports Medicine*, 8 (4), 239 - 249.
- Schlicht, W. (1994). *Sport und Primärprävention*. Göttingen: Hogrefe.
- Schönthaler, S. R. & Ohlendorf, K. (2002). *Biomechanische und neurophysiologische Veränderungen nach ein- und mehrfach seriell passiv-statischem Beweglichkeitstraining*. Köln: Sport & Buch Strauss.
- Schönthaler, S. R., Ohlendorf, K., Ott, H., Meyer, T., Kindermann, W. & Schmidtbleicher, D. (1998). Biomechanische und neurophysiologische Parameter zur Erfassung der Dehnbarkeit von Muskel-Sehnen-Einheiten. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 49 (8), 223-230.

- Shellock, F. G. & Prentice, W. E. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Medicine*, 2, 267 - 278.
- 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 Sports Medicine*, 9, 221 - 227.
- Smith, C. A. (1994). The warm-up procedure: to stretch or not to stretch. A brief review. *Journal of orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 19 (1), 12 - 17.
- Smith, L. L., Brunetz, M. H., Chenier, T. C., McCammon, M. R., Houmar, J. A., Franklin, M. E. et al. (1993). The effects of static and ballistic stretching on delayed onset muscle soreness and creatine kinase. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64 (1), 103 - 107.
- Ullrich, K. & Gollhofer, A. (1994). Physiologische Aspekte und Effektivität unterschiedlicher Dehnmethoden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 45 (9), 336 - 345.
- Walter, S. D., Hart, L. E., McIntosh, J. M. & Sutton, J. R. (1989). The Ontario Cohort Study of running-related injuries. *Archives of Internal Medicine*, 149, 2561 - 2564.
- Wessel, J. & Wan, A. (1994). Effect of stretching on the intensity of delayed-onset muscle soreness. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 4, 83 - 87.
- Wiemann, K. (1991). Beeinflussung muskulärer Parameter durch ein zehnwöchiges Dehnungstraining. *Sportwissenschaft*, 21 (3), 295 - 306.
- Wiemann, K. (1994). Beeinflussung muskulärer Parameter durch unterschiedliche Dehnverfahren. In M. Hoster & H. U. Nepper (Hrsg.), *Dehnen und Mobilisieren* (S. 40-71). Waldenburg: Sport Consult.
- Wiemann, K. & Kamphöfner, M. (1995). Verhindert statisches Dehnen das Auftreten von Muskelkater nach exzentrischem Training? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 46 (9), 411 - 421.
- Wiemeyer, J. (2002). Dehnen - eine sinnvolle Vorbereitungsmaßnahme im Sport? *Spectrum der Sportwissenschaften*, 14 (1), 53-80.
- Wiesler, E. R., Hunter, D. M., Martin, D. F., Curl, W. W. & Hoen, H. (1996). Ankle flexibility and injury patterns in dancers. *American Journal of Sports Medicine*, 24 (6), 754 - 757.
- Wilber, C. A., Holland, G. J., Madinson, R. E. & Loy, S. F. (1995). An epidemiological analysis of overuse injuries among recreational cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 16 (3), 201 - 206.
- Worrell, T. W., Perrin, D. H., Gansneder, B. M. & Gieck, J. H. (1991). Comparison of isokinetic strength and flexibility measures between hamstrings of injured and noninjured athletes. *Journal of orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 13 (3), 118 - 125.
- Wright, D. (1979). Prevention of injuries in sport. *Physiotherapy*, 65 (4), 114 - 119.
- Wydra, G. (1997). Stretching - ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung. *Sportwissenschaft*, 27 (4), 409-427.
- Wydra, G., Bös, K. & Karisch, G. (1991). Zur Effektivität verschiedener Dehntechniken. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 42 (9), 386 - 400.
- Wydra, G., Glück, S. & Roemer, K. (1999). Kurzfristige Effekte verschiedener singulärer Muskeldehnungen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 50 (1), 10-16.