

# Persönliche PDF-Datei für Klee A.

Mit den besten Grüßen von Thieme

[www.thieme.de](http://www.thieme.de)

## Zur Wirkung des Dehnungs- trainings als Verletzungspro- phylaxe

### B&G Bewegungstherapie und Gesundheitssport

2023

98–106

10.1055/a-2066-0869

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z. B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kolleginnen und Kollegen oder zur Verwendung auf der privaten Homepage der Autorin/des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

#### Copyright & Ownership

© 2023. Thieme. All rights reserved.

Die Zeitschrift *B&G Bewegungstherapie und Gesundheitssport* ist Eigentum von Thieme.

Georg Thieme Verlag KG,  
Rüdigerstraße 14,  
70469 Stuttgart, Germany  
ISSN 1613-0863



Thieme

# Zur Wirkung des Dehnungstrainings als Verletzungsprophylaxe

Eine Analyse unter besonderer Berücksichtigung des Verletzungsrisikos bei verschiedenen sportlichen Aktivitäten

## The Effect of Stretch Training as Injury Prevention

An Analysis with Special Consideration of the Risk of Injury During Various Sporting Activities

Autorinnen/Autoren

Andreas Klee<sup>1</sup>, Georg Wydra<sup>2</sup>

### Institute

- 1 Institut für Sportwissenschaft der Bergischen Universität Wuppertal, Wuppertal
- 2 Sportwissenschaftliches Institut der Universität des Saarlandes

### Stichworte

Dehnungstraining, Verletzungsinzidenz, Verletzungsprävention, Muskel-/Sehnenverletzungen.

### Key words

Stretch training, injury incidence, injury prevention, muscle/tendon injuries.

eingereicht 20.03.2023

Angenommen durch Review 22.03.2023

### Bibliografie

Bewegungstherapie und Gesundheitssport 2023; 39: 98–106

DOI 10.1055/a-2066-0869

ISSN 1613-0863

© 2023. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany

### ZUSAMMENFASSUNG

Muskelsehnenverletzungen haben vor allem bei Schnellkraftsportarten einen hohen Anteil an allen Verletzungen. Sowohl vom Dehnen beim Aufwärmen als auch vom regelmäßigen Dehnen wird eine Reduzierung der Muskelsehnenverletzungen erwartet. Die Angabe über das Ausmaß der Reduzierung erfolgt entweder in Prozent oder über die Empfehlung, wie viele Jahre man dehnen muss, um eine Muskelsehnenverletzung zu vermeiden. Die Angaben weisen eine große Streuung auf (5–54%, 5–23 Jahre).

Im vorliegenden Beitrag wird erläutert, wie diese unterschiedlichen Zahlen zustande kommen und wie sie zu interpretieren sind. Dabei kommen dem unterschiedlichen Verletzungsrisiko

bei verschiedenen sportlichen Aktivitäten und den Unterschieden beim Belastungsumfang (Stunden pro Jahr) eine besondere Bedeutung zu.

In den entsprechenden Metaanalysen der letzten Jahre wurden vor allem zwölf Primärstudien berücksichtigt. Dabei werden von den Metaanalysen jeweils unterschiedliche und unterschiedlich viele Primärstudien einbezogen. Vor allem vier Primärstudien sind für eine Berechnung des relativen Risikos geeignet. Diese Berechnung ergibt, dass ca. ein Drittel der Muskelsehnenverletzungen vermieden werden kann. Dieses Ergebnis wird durch fünf weitere Primärstudien gestützt. Es kann nicht geklärt werden, ob diese Reduzierung durch kurzfristige Aufwärmeffekte oder langfristige Anpassungen verursacht wird. Daher sollte dem Dehnungstraining in der Sportpraxis beim Aufwärmen (dynamisches Dehnen) und beim regelmäßigen Dehnen (alle Methoden) große Bedeutung beigemessen werden. Neben dem Dehnen gibt es weitere Maßnahmen, die das Verletzungsrisiko verringern können, so das exzentrische Krafttraining.

In zukünftigen Studien sollten der Belastungsumfang und die Verletzungsinzidenz in Verletzungen pro 1000 Stunden angegeben werden. Da diese Angaben in vielen Primärstudien fehlen, können die Ergebnisse kaum verglichen und übertragen werden. Darüber hinaus sollten zusätzliche Variablen wie z. B. Vorverletzungen erhoben werden und in eine multivariate Auswertung einfließen.

### SUMMARY

Of all injuries, muscle tendon injuries comprise a high proportion, especially with regard to high-speed sports. Both stretching during warm-up and regular stretching are expected to reduce muscle tendon injuries. The extent of the reduction is given either as a percentage or by recommending how many years one needs to stretch to avoid muscle tendon injury. The data shows a wide dispersion (5–54%, 5–23 years).

This article explains how these different figures come about and how inferences can be drawn from them. The risk of injury during various sporting activities and the differences in the

amount of stress (hours per year) are of particular importance. With respect to the meta-analyses of the last few years, 12 primary studies in particular were considered. The meta-analyses include different and varying numbers of primary studies. Four primary studies in particular are suitable for calculating relative risk. This calculation shows that about a third of muscle tendon injuries can be avoided. The outcome is supported by five other primary studies. It cannot be clarified whether the reduction is caused by short-term warm-up effects or long-term adjustments. Therefore, more emphasis should be at-

tached to stretching training in sports practice when warming up (dynamic stretching) and regular stretching (all methods). In addition to stretching, there are other measures that can reduce the risk of injury, such as eccentric strength training. In future studies, the extent of stress and injury incidence should be reported in injuries per 1000 hours. Since this information is missing in many primary studies, the results can hardly be compared and transferred. Moreover, additional variables such as previous injuries should be collected and included in multivariate evaluations.

### WAS IST ZU DIESEM THEMA BEREITS BEKANNT?

Im Sport und in der Bewegungstherapie wurde und wird gedehnt. Dabei war die Verletzungsprophylaxe traditionell eines der gewichtigsten Argumente für das Dehnen. In entsprechenden Untersuchungen konnte diese Wirkung dann aber häufig nicht nachgewiesen werden.

### WELCHE NEUEN ERKENNTNISSE BRINGT DER ARTIKEL?

In den Studien wurde nur selten unterschieden in die verschiedenen Verletzungsarten und nur selten auf Muskelsehnenverletzungen fokussiert. Hier zeigt sich dann aber eine Reduzierung von ca. einem Drittel. Um die verschiedenen Studien einordnen und vergleichen zu können, muss vor allem auf die Belastungsart und den Belastungsumfang geachtet werden. Hier wären exakte Angaben in den Studien wünschenswert, z. B. die Anzahl der akuten Muskelsehnenverletzungen pro 1.000 Stunden.

## Einleitung

In Profi-Football-Mannschaften in England sind 41 % der Verletzungen Muskelzerrungen. Im Australischen Football haben Zerrungen der hinteren Oberschenkelmuskeln einen Anteil von 13 % an allen Verletzungen [1]. Als mögliche Gründe für den hohen Anteil der hinteren Oberschenkelmuskeln an der Gesamtzahl führen Dadebo et al. [1] an, dass sie einen hohen Anteil an Typ-II-Fasern und wenig Titinproteine aufweisen. Auslöser der Muskelzerrungen und Muskelfaserrisse sind meist Bewegungen, die kurzzeitig hohe Anforderungen an die Schnellkraft stellen, wie z. B. ein Sprint, ein Sprung, der Schuss eines Balles oder Bewegungen, die maximale Gelenkausschläge mit sich bringen, wie der Hürdenlauf [2].

Ob man durch Dehnungstraining Verletzungen vermeiden kann, ist eines der „meistdiskutierten Themen“ [3]. Dabei müssen wie auch bei den anderen Effekten zwei zeitliche Dimensionen unterschieden werden [4, 5]:

- Kurzzeitdehnen, d. h. 10–20 min dauernde Dehnprogramme, wie man sie innerhalb eines Aufwärmprogramms durchführt, die kurzfristige Effekte (Aufwärmefekte) bewirken, die nach

wenigen Minuten nachlassen und nach einer Stunde wieder abgeklungen sind.

- Langzeitdehnen, d. h. über mehrere Wochen regelmäßig durchgeführte kurzzeitige Dehnprogramme, die zu Trainingsanpassungen führen, die über Wochen und Monate Bestand haben (langfristige Effekte).

Die Erwartung, man könnte durch Dehnungsübungen Zerrungen reduzieren, basiert auf den Tatsachen, dass sich durch Dehnen sowohl kurz- als auch langfristig die Bewegungsreichweite, die Toleranz gegen Dehnungsspannungen und die maximale Dehnungsspannung steigern lassen. Die Ruhespannung, also die Dehnungsspannung im submaximalen Bereich, sinkt kurzfristig um 20 %. In einigen Trainingsexperimenten stieg die Ruhespannung langfristig, und es kam zu Steigerungen der Kraft und der Leistung [4, 6].

Da die Muskelspannungen beim Dehnen ähnlich hoch sind wie beim Krafttraining, könnte dies die Folge von Wachstumsprozessen sein. Schleip und Bayer [7] nehmen an, dass sowohl Muskelkater als auch Muskelverletzungen vor allem im Bindegewebe verursacht werden, und führen Studien an, die Wachstumsprozesse im Bindegewebe nachweisen. Von einigen Autoren wird langfristig auch eine Addition von Sarkomeren in Serie erwartet, wie sie bisher aber lediglich in Tierexperimenten nachgewiesen wurde, vor allem durch Dauerdehnen bei Immobilisationen [8], aber auch bei zwischenzeitlichen Dehnungen [9, 10].

Da Muskeln und Sehnen als Einheit agieren und fließend ineinander übergehen, wird meist von Muskelsehnenverletzungen gesprochen. Von Witvrouw et al. [11] werden Untersuchungen angeführt, die zeigten, dass sich die Viskoelastizität von Sehnen sowohl kurzfristig als auch langfristig durch Dehnen verändern lässt und die Sehnen geschmeidiger werden.

## Methoden

Um einen Überblick über die Wirkung des Dehnungstrainings als Verletzungsprophylaxe zu erhalten, werden die wichtigsten Übersichtsarbeiten zu diesem Thema hinsichtlich der einbezogenen Primärstudien gesichtet. In einem nächsten Schritt wird bei diesen Primärstudien geprüft, ob diese eine Aussage zulassen über die Wirkung des Dehnungstrainings als Prophylaxe von Muskelsehnenverletzungen. Auf Grundlage der Ergebnisse dieser Studien wird das relative Risiko, eine Muskelsehnenverletzung zu bekommen, berechnet.

## Metaanalysen und Übersichtsarbeiten

Von 2002–2004 häuften sich Metaanalysen und Übersichtsarbeiten, die dem Dehnungstraining als Verletzungsprophylaxe keine oder nur eine geringe Wirkung zuschrieben [12–15]. Vor allem die Metaanalyse von Herbert und Gabriel fand in der Literatur und im Internet viel Beachtung. Zwei Ergebnisse wurden oft zitiert: „(...) stretching decreased the risk of injury by 5 % (...) the average subject would need to stretch for 23 years to prevent one injury.“ [12, S. 5]

Dann erschien eine Übersichtsarbeit, in der darauf hingewiesen wurde, dass bei den jeweils ausgewerteten Primärstudien keine oder nur wenige akute Muskelsehnenverletzungen erfasst wurden [16]. Der größte Teil waren akute Verletzungen und Überlastungsschäden anderer Strukturen (Bänder, Schleimbeutel, Gelenke, Knochen). Da aber vor allem anzunehmen ist, dass akute Muskelsehnenverletzungen durch Dehnen vermieden können, wurde in dieser Veröffentlichung die Aussagefähigkeit der Primärstudien und Übersichtsarbeiten in Frage gestellt.

Die erste Übersichtsarbeit in den internationalen Publikationen, in der ausdrücklich auf eine Unterscheidung zwischen der Wirkung des Dehnens als Verletzungsprophylaxe für alle Verletzungen und der Wirkung auf die Vermeidung von Muskelsehnenverletzungen hingewiesen wird, wurde von Small et al. [17] veröffentlicht. Insgesamt wird auch hier resümiert, dass das Dehnen keine Wirkung auf die Vermeidung von allen Verletzungen hat. Sie fokussieren dann in einem weiteren Schritt auf Muskelsehnenverletzungen und finden hier in drei Studien einen positiven Effekt [18–20].

McHugh und Cosgrave [21] beziehen sieben Studien in ihre Auswertung ein. Sie stellen wie schon Small et al. [17] fest, dass Dehnen keine Reduzierung von Überlastungsschäden bewirken kann.

Bei vier Studien finden sie dann auch einen Effekt bei der Reduzierung von Muskelzerrungen [18, 19, 22, 23]. McHugh und Cosgrave weisen auf das Problem hin, dass bei manchen Studien mehrere Maßnahmen zur Reduzierung von Verletzungen durchgeführt wurden. Bei diesen Mehrkomponenteninterventionen kann der Effekt nicht exakt einer Intervention zugeordnet werden (Konfundierung). Die Studie von Ekstrand und Gillquist [22] beinhaltete z. B. sieben Interventionen.

Nur ein kleinerer Teil der Veröffentlichung von Behm et al. befasst sich mit der Verletzungsprophylaxe ([24], S. 8). Aus sechs Studien berechnen sie eine Reduzierung des relativen Risikos einer akuten Muskelverletzung von 54 % durch Dehnen (► **Tab. 2**). Eigene Berechnungen auf Grundlage dieser Zahlen der sechs Studien kommen jedoch zu einem anderen Ergebnis. Die Summe der Verletzungen der Kontrollgruppe beträgt nur 214. Die Reduzierung des relativen Risikos einer akuten Muskelverletzung ist somit mit 54 % zu hoch angegeben und beträgt nur 44 %. In seinem Buch stellt Behm das Ergebnis der Berechnung von 54 % erneut vor ([4], S. 97).

### Primärstudien

Die Untersuchung von Pope et al. [25] aus ► **Tab. 1** wird im Weiteren nicht einbezogen, da keine Muskelsehnenverletzungen erfasst wurden. Die verbleibenden elf Primärstudien, die in den Metaanalysen berücksichtigt wurden, werden in ► **Tab. 3** in chronologischer Reihenfolge gezeigt. Dabei kommt einigen keine oder nur eine geringe Aussagekraft zu.

Bei Arnason et al. [26] und bei van Mechelen et al. [27] wurde die Anzahl der Muskelverletzungen nicht reduziert. Problematisch

► **Tab. 1** Metaanalysen und Übersichtsarbeiten zum Thema Verletzungsprophylaxe durch Dehnen (1. Zeile) und Primärstudien (1. Spalte) in chronologischer Reihenfolge.

	Herbert & Gabriel (2002)	Klee (2006)	Small et al. (2008)	McHugh & Cosgrave (2010)	Behm et al. (2016)
Ekstrand et al. (1983), K				X	X
Bixler & Jones (1992), K Mna		X	X	X	
Van Mechelen et al. (1993), B Mna		X	X	X	
Pope et al. (1998), V	X	X	X	X	
Cross & Worrell (1999)		X	X		X
Hartig & Henderson (1999), Mna		X	X		
Pope et al. (2000)	X	X	X	X	X
Amako et al. (2003)	Inv		X	X	X
Dadebo et al. (2004), B	Inv	X			
Arnason et al. (2008)	Inv	Inv			X
Hadala & Barrios (2009), K	Inv	Inv		X	X
Jamtvedt et al. (2010) B	Inv	Inv	Inv		x
	2	7	7	7	6

X: Studie wurde berücksichtigt, Inv: Studie lag beim Erscheinen der Übersichtsarbeit noch nicht vor, B: Befragung, V: nur andere Verletzungen, keine Muskelverletzungen, K: Konfundierung (Mehrkomponentenintervention), Mna Muskelverletzungen werden nicht ausgewertet.

► **Tab. 2** „Supplementary Table S6. Prävalenz akuter Muskelverletzungen in Intervention (Stretching) versus Kontrollgruppen und das damit verbundene relative Risiko.“ (Behm et al., 2016).

Reference	Stretching Group		Control Group		Relative Risk 95% CI	
	n	# injuries	n	# injuries		
Amako et al. (2003 <sup>a</sup> )	518	3	383	8	0.28	0.07–1.04
Arnason et al. (2008 <sup>b</sup> )	630	59	966	97	0.94	0.69–1.27
Cross et al. (1999 <sup>b</sup> )	195	21	195	43	0.49	0.30–0.79
Ekstrand et al. (1983 <sup>a,c</sup> )	90	6	90	23	0.26	0.11–0.61
Hadala and Barrios (2009 <sup>b</sup> )	28	4	30	22	0.19	0.08–0.49
Pope et al. (2000 <sup>a</sup> )	735	14	803	21	0.73	0.37–1.42
TOTAL	2196	107	2467	264 <sup>d</sup>	0.46	0.37–0.57

<sup>a</sup> Randomisierte Studie; <sup>b</sup>Längsschnittstudie; <sup>c</sup>Mehrkomponentenintervention, <sup>d</sup>264, korrekt 214.

sind aber auch Untersuchungen, bei denen neben dem Dehnen noch andere Treatments durchgeführt wurden, bei Ekstrand und Gillquist [22] noch sechs andere Treatments, bei Hadala und Barrios [23] noch ein anderes Treatment. Die Reduzierungen von 73% bei Ekstrand und Gillquist [22] und 79% bei Hadala und Barrios [23] überschätzen somit den Effekt, zu welchem Anteil ist unklar. Aber auch Studien, bei denen Muskelzerrungen und andere Verletzungen nicht getrennt erhoben wurden [19, 28], lassen keine eindeutigen Aussagen zu. Bei der Untersuchung von Dadebo et al. [1] werden keine Zahlen zu den Muskelsehnenverletzungen genannt, sie wird aber noch später näher dargestellt. Diese zuletzt genannten fünf Untersuchungen geben lediglich den Hinweis, dass Dehnen Muskelsehnenverletzungen reduzieren kann [1, 19, 22, 23, 28]. Somit verbleiben vier Untersuchungen, die die Berechnung des relativen Risikos zulassen [18, 20, 29, 30], und nicht sechs Studien wie bei Behm et al [24, ► **Tab. 2**].

Cross und Worrell [20] hatten die Verletzungen von 195 Footballspielern über zwei Spielzeiten verfolgt. In der zweiten Saison dehnten die Sportler im Gegensatz zur ersten Saison vor jedem Sprinttraining 3-mal 15 Sekunden die hinteren und vorderen Oberschenkelmuskeln, die Adduktoren und die Wadenmuskulatur. Die Anzahl der Verletzungen unterschied sich in den beiden Spielzeiten nicht (erste Saison: 155, zweite Saison: 153), die Zahl der Muskelsehnenzerrungen war mit 21 in der zweiten Saison hingegen signifikant geringer als in der ersten Saison (43).

Die Metaanalyse von Herbert und Gabriel [12], die bereits zitiert wurde, umfasste lediglich zwei Primärstudien [25, 29]. Beide wurden mit australischen Rekruten durchgeführt und weisen eine hohe Anzahl an Probanden auf ([25]: 1093, [29]: 1538). Bei der Studie von 1998 wurden keine Muskelverletzungen erhoben [25]. In der von 2000 [29] führten die Probanden der Dehnungsgruppe eine statische Dehnung von 20 Sekunden unter Aufsicht für sechs Beinmuskeln jeden zweiten Tag für elf Wochen durch (40 Einheiten). Die Qualität dieser Studie wird von Small et al. mit 79 von 100 möglichen Punkten am höchsten bewertet [17, S. 223]. Es gab keinen signifikanten Effekt der Dehnung vor dem Training auf das Risiko aller Verletzungen ([29], ► **Tab. 2, S. 274**, Dehnungsgruppe: 158, Kontrollgruppe: 175). Diese Tabelle zeigt auch, dass es 14 Zerrun-

gen in der Dehnungsgruppe gab und 21 in der Kontrollgruppe. Diese Differenz wird aber nicht statistisch ausgewertet, aber von Behm et al. [24] in der Metaanalyse einbezogen (► **Tab. 2**). McHugh und Cosgrave kommentieren noch ein anderes Ergebnis aus dieser Tabelle: „The most striking difference was the occurrence of 10 thigh strains in the control group vs two thigh strains in the stretching group. These injuries amount to a 1.2 % prevalence in the control group (10 strains in 803 subjects) vs a 0.3 % prevalence in the stretching group (two strains in 735 subjects), which is statistically significant ( $P < 0.05$ ).“ ([21], S. 176)

Die Untersuchung von Amako et al. [18] ähnelt derjenigen von Pope et al. [29] und wurde mit 901 japanischen Rekruten durchgeführt (Dehngruppe: 518, Kontrollgruppe: 383). Das Dehnprogramm bestand aus 18 Übungen, die für jeweils 30 Sekunden absolviert wurden mit einem Gesamtumfang von 20 Minuten vor und nach jedem Training. Der Unterschied zwischen der Gesamtinzidenz von Verletzungen war statistisch nicht signifikant. Die Anzahl der Muskelverletzungen in der Kontrollgruppe war signifikant höher als in der Dehngruppe (6,9% gegenüber 2,5%).

Bei der Studie von Jamtvedt et al. [30] handelt es sich um eine internetbasierte Befragung mit 2377 Versuchspersonen über einen Zeitraum von zwölf Wochen. Die 1.220 Teilnehmer der Stretch-Gruppe dehnten vor und nach der körperlichen Aktivität für jeweils 30 Sekunden sieben Muskelgruppen der unteren Extremitäten und des Rumpfes. Durch dieses Treatment wurde das Risiko von Verletzungen an Muskeln, Bändern und Sehnen um 25% verringert. Jamtvedt et al. [30] geben die Anzahl der Verletzungen bei der Dehngruppe mit 133 pro 1000 Versuchspersonen an, bei der Kontrollgruppe mit 177 (Zusammenfassung der Ergebnisse in der Tabelle auf S. 12). Auf Grundlage dieser Zahlen berechnen sie das Risiko, sich eine Verletzung pro Jahr zuzuziehen, in der Dehngruppe mit 0,66, in der Kontrollgruppe mit 0,88 (S. 6). Dieses Ergebnis hat deshalb ein hohes Gewicht, da einer der Autoren der Untersuchung, die oben angesprochen wird und die zum Ergebnis hatte, dass man 23 Jahre braucht, um eine Verletzung zu vermeiden [12], Mitautor dieser Veröffentlichung ist. Die Autoren weisen auf die Fehlerquelle hin, dass die Ergebnisse selbst gemeldet wurden und die Teilnehmer nicht geblendet waren.

▶ **Tab. 3** 11 Studien, die in die fünf Reviews eingeschlossen wurden.

Studie	Probanden, Kontrollgruppe (KG)	Studiendesign, Intervention	Ergebnisse (Verletzungen, statistische Signifikanz), Bemerkungen
Ekstrand et al. (1983)	6 Interventions-Fußballmannschaften (90 Spieler), 6 Kontrollteams (90 Spieler)	Mehrkomponenten (7 Teile) mit Aufwärmen + CR-Dehnung (10 min. vorher, Adduktoren, Quadrizeps, Beinbeuger, Iliopsoas, Wade und <5 min. nachher), 6 Monate	74 % weniger Muskelzerrungen (Kontrolle: 23 Verletzungen, Intervention: sechs, $P < 0,001$ ), 75 % weniger Verletzungen (Kontrolle: 93 Verletzungen, Intervention: 23, $P < 0,001$ ); die Wirkung auf Muskelverletzungen war wahrscheinlich auf das Aufwärmen und Dehnen zurückzuführen im Gegensatz zu anderen Komponenten der Intervention (Geräte, Taped, Rehabilitation, Information = > Mehrkomponentenintervention), kausaler Zusammenhang von Dehnen zu Zerrungen wahrscheinlich, aber nicht sicher
Bixler & Jones (1992)	3 High-school Football-Mannschaften: 28 Spiele mit Intervention KG: 2 Highschool Football-Mannschaften: 24 Spiele ohne Intervention	Aufwärmen (1,5 min) und Dehnen (1,5 min) in Halbzeit, eine Saison	108 Verletzungen, davon 38 (35%) Zerrungen und Bänderrisse Bei Dehngruppe mit einer Zerrung/Bänderriss signifikant weniger nach Treatment als bei KG (13); Bem.: 1) Zwischen den Wirkungen des Aufwärmens und des Dehnens kann nicht unterschieden werden, 2) Zerrungen und Bänderrisse werden nicht getrennt erhoben
Van Mechelen et al. (1993)	159 Läufer KG: 167 Läufer	Befragung; Die 159 Läufer wurden informiert über richtiges Aufwärmen und Dehnen (10 min, 4 Muskelgr.), danach wurde 16 Wochen ein Tagebuch geführt.	49 Verletzungen, 26 in Interventions-Gruppe (5,5 pro 1000 Stunden), 23 in KG (4,9 pro 1000 Stunden), kein Unterschied zwischen den Gruppen, 16 (33%) der 49 Verletzungen sind Zerrungen, Bem.: 1) Die Kontrollgruppe dehnte auch im vergleichbaren Umfang, 2) Zerrungen werden nicht getrennt ausgewertet
Cross & Worrell (1999)	195 College Football-Spieler der Division III (1994, 1995)	1. Saison ohne Dehnen, 2. Saison mit statischem Dehnen (3 × 15 s. hintere und vordere Oberschenkelmuskeln, Adduktoren, Wade)	1. Saison: 155 Verletzungen, 43 (27,7%) Muskelsehnenzerrungen 2. Saison: 153 Verletzungen, 21 (13,7%) Muskelsehnenzerrungen Unterschied (- 48,8%) bei Muskelsehnenzerrungen signifikant
Hartig & Henderson (1999)	150 Rekruten KG: 148 Rekruten	Dehngruppe und KG dehnten vor Belastung, Dehngruppe zusätzlich 3mal täglich fünf 30-sekündige statische Dehnungen der hinteren Oberschenkelmuskeln, 13 Wochen	Bei Dehngruppe mit 25 Überlastungsschäden signifikant weniger als bei KG (43) Dehngruppe verbesserte BRW um 7°, KG: 3°; Bem.: Muskelzerrungen und andere Verletzungen nicht getrennt erhoben
Pope et al. (2000)	735 Rekruten KG: 803 Rekruten	11 Wochen, jeweils 1-mal 20 s. (hintere und vordere Oberschenkelmuskeln, Adduktoren, Wade, Hüftbeuger), Erhebung bei allen Vpn: Größe, Gewicht, Alter, 20 m Sprintzeit	333 Verletzungen, 158 in Dehngruppe, 175 in KG, 214 Weichteilverletzungen, 94 in Dehngruppe, 120 in KG, Unterschiede nicht signifikant, 35 (10,5%) Zerrungen; 14 in Dehngruppe, 21 in KG; Bem.: Zerrungen werden nicht getrennt ausgewertet, Prädiktoren für Verletzungen: 20m-Zeit, Alter, Jahreszeit; schlechte Fitness (schlechte 20m-Zeit) stärkster Prädiktor
Amako et al. (2003)	901 gesunde männliche japanische Rekruten im Alter zwischen 18–25 Jahren, Dehngruppe (N = 518), Kontrollgruppe (N = 383)	– Dehngruppe: vor und nach dem Training statisches Dehnen – 18 Übungen: 4 für die Arme, 7 für Beine und 7 für Rumpf – Jeweils 30 s., insgesamt 20 min – 3 Monate Training	– 114 Verletzungen (58 in Interventions-, 56 in Kontrollgruppe) – Häufigkeit der Muskel- (Mv. 3), Sehnenverletzungen (Sv. 10), sowie Rückenmuskelverletzungen (Rmv 4) ist signifikant geringer in Dehngruppe ( $p < 0,05$ ) als in Kontrollgruppe (Mv. 8, Sv. 14, Rmv 8) – Gesamte Verletzungsrate ist in den beiden Gruppen fast gleich. – Statisches Dehnen kann Knochen- und Gelenksverletzungen nicht verhindern.
Dadebo et al. (2004)	30 englischen Profifußballclubs in den vier Divisionen in der Saison 1998/99	Befragung Eine Saison	1435 Verletzungen, 479 (33%) Zerrungen, davon 158 (11%) bei hinteren Oberschenkelmuskeln; Prädiktoren bei multipler Regression ( $R^2 = 0,79$ ): 1. Verwendung eines Standard-Dehnprogramms (40%), 2. Haltezeit (29%), 3. Dehnmethode (10%, statisches Dehnen oder PNF)
Arnason et al. (2008)	1999–2002, Elite-Fußballmannschaften aus Island (15–17 Teams) und Norwegen (14 Teams)	1999–2002, 1999–2000: Ausgangswert; Zerrungen der Hamstrings, 3 Behandlungen: 1) vorher 3 × 30 s CR-Dehnung, 2) nachher 3 × 55 s CR, 3) Exzentrisches Krafttraining	Kein Unterschied in der Häufigkeit von Zerrungen zwischen den 7 Teams, die das Dehnungstraining verwendeten, und den 7, die dies nicht taten, noch gab es einen Unterschied im Vergleich zu den Ausgangsdaten; Exzentrisches Krafttraining mit Nordic Hamstring Lowers in Kombination mit Aufwärm-Dehnen scheint das Risiko von Zerrungen zu reduzieren (-65%).
Hadala & Barrios (2009)	Interventionsgruppe: 28 Segler (Professional Yachting), Kontrolle: 30	Aktive Dehnung + PNF-Dehnung, 30 min, Rumpf-, Ober- und Unterkörperdehnung (20–30 s), 2 Saisons	81 % weniger Muskelverletzungen (Intervention: 4, Kontrolle: 22), Intervention bestand aus Dehnübungen vor dem Yachtrennen und präventivem Taping = > Mehrkomponenten-Intervention
Jamtvedt et al. (2010)	1220 Intervention, 1157 Kontrolle, 2/3 weiblich, Alter ø 40 Jahre, 32% Laufen, 31% Fitnessstudio, 14% Rad	Internetbasierte Befragung, vorher und nachher statisches Dehnen, 7 Muskelgruppen des Unterkörpers, ~14 min, 12 Wochen, durchschnittlich 4-mal pro Woche	25% weniger Muskel-, Sehnen- und Bänderverletzungen, Anzahl der Verletzungen bei der Dehngruppe mit 133 pro 1.000 Versuchspersonen, bei der Kontrollgruppe mit 177, Risiko sich eine Verletzung pro Jahr zuzuziehen in der Dehngruppe 0,66, in der Kontrollgruppe 0,88

► **Tab. 4** Prävalenz akuter Muskelverletzungen in Intervention (Stretching) versus Kontrollbedingung und das damit verbundene relative Risiko.

Referenz	Dehnungstraining		Kontrollbedingung		Relatives Risiko	
	n	# Verletz.	n	# Verletz.	95 % CI	
Amako et al. (2003)	518	3	383	8	0.28	0.07–1.04
Cross & Worrell (1999 <sup>a</sup> )	195	21	195	43	0.49	0.30–0.79
Jamtvedt et al. (2010)	1000	133	1000	177	0.75	0.61–0.92
Pope et al. (2000)	735	14	803	21	0.73	0.37–1.42
Summe	2448	171	2381	249	0.67	0.55–0.80

<sup>a</sup>Längsschnittstudie.

► **Tab. 5** Inzidenzen der Muskelsehnenverletzungen in den vier Studien.

	Amako et al. (2003)	Cross & Worrell (1999)	Jamtvedt et al. (2010)	Pope et al. (2000)
Verletzungen per person-year ohne Dehnen	0,09	0,22	<b>0,88</b>	0,13
Verletzungen per person-year mit Dehnen	0,025	0,11	<b>0,66</b>	0,09
Differenz der Verletzungen per person-year	0,065	0,11	0,22	0,04
Reduzierung der Verletzungen in %	72,3	<b>48,8</b>	25	27
Jahre, um eine Verletzung zu vermeiden	15,3	8,86	4,55	25,97
Verletzungen pro 1000 Stunden	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	0,6

Zahlen in Fettdruck sind in der jeweiligen Veröffentlichung angegeben, die anderen Zahlen wurden berechnet.

Die zuletzt genannten vier Studien fließen in die Auswertung ein, nicht aber Dadebo et al. [1]. Diese hatten über Fragebögen ermittelt, wie die Spieler von 30 englischen Mannschaften der ersten drei Fußballligen dehnen und welche Muskelverletzungen, insbesondere Verletzungen der hinteren Oberschenkelmuskeln, auftreten. Die Autoren können in ihrer multifaktoriellen Auswertung die aufgetretenen 158 Verletzungen der hinteren Oberschenkelmuskeln zu 79% durch die folgenden drei Faktoren erklären: „Haltezeit beim Dehnen“ (29%), „Verwendung eines Standard-Stretching-Protokolls“ (40%) und „angewendete Dehnmethode“ (10%). Spieler, die erstens ein standardisiertes Dehnprogramm benutzten, zweitens die Dehnung 15–30 Sekunden hielten und drittens nicht ballistisches, sondern statisches Dehnen oder eine PNF-Methode einsetzten, verletzten sich signifikant weniger. Bei der bivariaten Analyse zeigte sich nur ein Zusammenhang der Anzahl der Verletzungen der hinteren Oberschenkelmuskeln zum Prädiktor „Verwendung eines Standard-Stretching-Protokolls“.

Dies betont die Bedeutung multivariater Auswertemethoden und liefert eine mögliche Erklärung, warum einige Untersuchungen mit bivariaten Analysen keine Zusammenhänge nachweisen konnten. Pope et al. [29] fanden ebenfalls bei der bivariaten Analyse keine Zusammenhänge zwischen den Prädiktoren und der Anzahl der Verletzungen und waren dann mit der multivariaten Auswertung erfolgreich. Stretching war allerdings keiner dieser Prä-

diktoren, sondern eine schlechte Fitness (schlechte 20m-Zeit), das Alter und die Jahreszeit.

## Zur Reduzierung des relativen Risikos akuter Muskelverletzungen durch Dehnen

In ► **Tab. 4** wird für die vier Untersuchungen das relative Risiko berechnet, die Tabelle ist an ► **Tab. 2** angelehnt. Über der zweiten Spalte steht „Dehnungstraining“ und über der dritten Spalte „Kontrollbedingung“, denn „Stretching-Group“ und „Control-Group“ wären bei einer Längsschnittuntersuchung etwas irreführend [20]. Sie wird deshalb in „Kontrollgruppe/-bedingungen“ umbenannt. In der letzten Zeile wird anhand der Summen der Versuchspersonen und der Verletzungen ein relatives Risiko von 0,67 berechnet, d. h. durch Dehnen wird die Anzahl der Verletzungen um 33% reduziert. Eine Berechnung mit dem gewichteten Mittelwert ergibt eine Reduzierung von 31%. Beide Werte liegen um über 20% unter dem mit 54% angegebenen Wert von Behm et al. ([24], ► **Tab. 2**).

► **Tab. 5** gibt die Zahlen zur Verletzungsinzidenz wieder, Zahlen in Fettdruck sind in der jeweiligen Veröffentlichung angegeben, die anderen Zahlen wurden berechnet. Auch in diesen vier Studien werden nicht alle Angaben gemacht, die nötig sind, um die Verletzungsinzidenz exakt zu berechnen. Diese wird definiert als die Anzahl der Verletzungen für einen definierten Zeitraum, z. B. für den Versuchszeitraum oder für ein Jahr. Dazu müssten die Anzahl der

Versuchspersonen und die Anzahl der Muskelsehnenverletzungen in der Dehn- und in der Kontrollgruppe angegeben werden. Bei Pope et al. [29] wird die Anzahl der Versuchspersonen zwar mit 1.538 angegeben und auch die Anzahl der Versuchspersonen für die Dehngruppe und die Kontrollgruppe, aber nicht die exakte Dropoutrate. Auch bei Jamtvedt et al. [30] wird nur die Anzahl der Muskelsehnenverletzungen pro 1.000 Personen angegeben, aber nicht die exakte Anzahl der Versuchspersonen.

In einigen der vier Studien werden berechnete Werte angegeben, ohne dass die zugrundeliegenden Zahlen angeführt werden. Jamtvedt et al. [30] geben die Verletzungsinzidenz von 0,66 Muskelsehnenverletzungen pro Personenjahr in der Stretch-Gruppe und 0,88 in der Kontrollgruppe an. Da die Verletzungshäufigkeit auch davon abhängt, mit welchem zeitlichen Umfang die Belastung einwirkt, ist die Angabe der Anzahl der Verletzungen pro 1000 Stunden wichtig. Erst dies ermöglicht den Vergleich zwischen verschiedenen Sportarten und verschiedenen Studien.

Klein et al. [31] geben für die zwei höchsten Ligen der Männer im Fußball einen Wert von 41,4 Verletzungen pro 1.000 Stunden Wettkampf an (Basketball: 93, Eishockey: 94,6, Handball: 72,5). Die Verteilung der Verletzungen im Training und im Wettkampf beträgt beim Fußball 54:46, die Anzahl der Verletzungen pro Spieler und Saison 2,5. Dabei ist bei allen vier Sportarten der Anteil gegnerischen Foulspiels im Wettkampf als Verletzungsmitursache geringer, beim Fußball z. B. 24,7%. Klein et al. [31] machen keine Angaben zum Einsatz des Dehnens bei den verschiedenen Sportarten. Videbæk et al. [32] geben bei Läufern Werte von 2,5 Verletzungen pro 1.000 Stunden für Langstrecken-Leichtathleten bis maximal 33,0 in einer Studie mit Anfängern an. Dies belegt, dass sowohl die Sportart als auch der Trainingszustand die Verletzungsinzidenz beeinflussen.

Die Dauer des Versuchszeitraums wird immer angegeben ([20]: „one season“; [18, 29, 30]: „three months“), aber nur von Pope et al. der exakte zeitliche Umfang der Belastung (40 sessions totaling 50 h, [29]), sodass man für die Kontrollgruppe einen Wert von fünf Verletzungen pro 1.000 Stunden und von 0,6 Muskelsehnenverletzungen pro 1.000 Stunden berechnen kann. Vermutlich liegen die Werte bei anderen Belastungen höher, da die Anzahl der Verletzungen bei Pope et al. [29] eher gering war. Bei den anderen drei Studien wird der Belastungsumfang nicht angegeben, so dass die Verletzungsinzidenz in Verletzung pro 1.000 Stunden nicht berechnet und nicht verglichen werden kann.

Die Angabe von Herbert und Gabriel [12], dass man 23 Jahre dehnen muss, um eine Verletzung zu vermeiden, gilt nur für die geprüfte Belastungsart (Grundausbildung von Rekruten) und den geprüften Belastungsumfang (50 Stunden in elf Wochen). Bei höherem Belastungsumfang würde sich dieser Zeitraum von 23 Jahren wahrscheinlich reduzieren.

## Diskussion

In den vier Studien zur Verletzungsprophylaxe unterscheiden sich die Aktivitäten sehr. Die Rekruten absolvierten bei Pope et al. [29] und bei Amako et al. [18] eher ein allgemeines Fitnessstraining, bei Jamtvedt et al. [30] verschiedene Aktivitäten (32% running, 31% training in a gym, 14% cycling) und bei Cross und Worrell [20]

College-Football der Division III sowohl im Training als auch im Wettkampf.

Die vier Untersuchungen repräsentieren die Möglichkeiten, die Frage der Verletzungsprophylaxe zu untersuchen. Um genügend Muskelsehnenverletzungen für eine Auswertung zu erhalten, benötigt man entweder eine große Anzahl von Probanden, wie dies bei Studien mit Rekruten [18, 29] und bei Internetbefragungen [30] möglich ist. Oder die Probanden müssen über einen längeren Zeitraum beobachtet werden, wie dies bei Vereinssportlern möglich ist [20].

Die drei Herangehensweisen bringen aber auch Probleme mit sich. Diese bestehen bei Internetbefragungen vor allem in der Kontrolle des Treatments und in der Erhebung der Verletzungen [30]. Bei den Untersuchungen mit Rekruten handelt es sich um untrainierte Probanden, und die sportlichen Aktivitäten bestehen weniger aus Sprints und mehr aus Märschen [18, 29]. Bei Vereinssportlern muss gewährleistet sein, dass die Probanden der Dehngruppe das Treatment über einen langen Zeitraum durchführen, während die Kontrollgruppe dies über einen längeren Zeitraum nicht macht. Hier werden z. B. von Arnason et al. [26] Probleme dargestellt.

Die vier Untersuchungen setzten das Dehnen jeweils direkt vor der Belastung im Rahmen des Aufwärmens ein. Trotzdem sind über den Trainingszeitraum von drei Monaten [18, 29, 30] und einem Jahr [20] auch langfristige Effekte möglich. Da sowohl Kraft- und Leistungssteigerungen als auch ein Ansteigen der Ruhespannung durch Langzeitdehnen nachgewiesen sind [4–6], könnten Wachstumsprozesse die Ursache für die Reduzierung der Muskelsehnenverletzungen in diesen Studien sein. Nach Behm [4] reduzieren vor allem Dehnprogramme mit einer Länge über fünf Minuten die Anzahl der Verletzungen. Nur Hartig und Henderson [28] setzten das Dehnen auch gezielt als Langzeitdehnen ein, denn während die Kontrollgruppe drei Monate lang vor dem körperlichen Training dehnte, führte die Dehngruppe zusätzlich drei Mal täglich fünf 30-sekündige statische Dehnungen durch. In der Kontrollgruppe gab es zwar signifikant mehr Verletzungen als in der Dehngruppe, aber es wurde nicht zwischen den verschiedenen Verletzungsarten unterschieden. Ob die Reduzierung der Muskelsehnenverletzungen durch kurzfristige Effekte (Vergrößerung der Bewegungsreichweite, Reduzierung der Ruhespannung, Veränderungen der Viskoelastizität [11]) verursacht wurde oder durch eine Kombination mit langfristigen Effekten, lässt sich nicht klären. Hier wären andere Versuchsdesigns nötig [33].

Es gibt neben dem Dehnen andere Interventionen, die das Verletzungsrisiko reduzieren können. So konnte das exzentrische Krafttraining durch die Übung „Nordic hamstring lowers“ bei Arnason et al. [26] die Anzahl der Zerrungen der hinteren Oberschenkelmuskeln um 65% verringern.

Dadebo et al. [1] und Pope et al. [29] zeigen, dass die Verletzungsinzidenz von vielen Faktoren abhängt, und betonen die Bedeutung der multivariaten Auswertung. Dabei kommt eine ganze Reihe von Faktoren in Frage. „These include the volume of training (that is, the amount of time spent training or running), past injuries, previous physical condition, physical anomalies, body weight, sex, training surface, equipment, training techniques, whether the subject smokes cigarettes, and hamstring flexibility.“ ([28], S. 175)

## FAZIT FÜR DIE PRAXIS

Da nicht geklärt werden kann, ob die Reduzierung der Muskelsehnenverletzungen durch kurzfristige Aufwärmefekte oder langfristige Anpassungen verursacht wird und beides wahrscheinlich erscheint, sollten Sportler beide Trainingsmaßnahmen berücksichtigen: beim Aufwärmen das dynamische Dehnen, da intensives statisches Dehnen die Schnellkraftleistung verschlechtern kann, beim regelmäßigen Dehnen z. B. in der Bewegungstherapie auch die anderen Methoden wie das statische Dehnen oder das Anspannungs-Entspannungs-Dehnen. Neben Dehnungen gibt es weitere Maßnahmen, die das Verletzungsrisiko reduzieren können, wie das exzentrische Krafttraining.

## Interessenkonflikt

Die Autoren bestätigen, dass kein Interessenkonflikt vorliegt.

## Korrespondenzadresse



### Priv.-Doz. Dr. Andreas Klee

Viktoriastr. 97  
42115 Wuppertal  
Deutschland  
klee@uni-wuppertal.de

## Literatur

- [1] Dadebo B, White J, George KP. A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *Br J Sports Med* 2004; 38: 388–394
- [2] Wentz S Leichtathletik (Schnellkraftdisziplinen). In: Engelhardt et al., Hrsg. Sportverletzungen – Sportschäden. Stuttgart: Thieme; 2005: 151–154
- [3] Schuber AA. Die Rolle des Dehnens in der orthopädischen Sport- und Bewegungstherapie. *Bewegungstherapie und Gesundheitssport* 2020; 36: 107–111
- [4] Behm DG. The Science and Physiology of Flexibility and Stretching: Implications and Applications in Sport Performance and Health. Routledge; 2019
- [5] Wiemann K. Beeinflussung muskulärer Parameter durch unterschiedliche Dehnverfahren. In: Hoster M, Nepper HU, Hrsg. Dehnen und Mobilisieren. Waldenburg: Sport Consult; 1994: 40–71
- [6] Kokkonen J, Nelson AG, Eldredge C et al. Chronic static stretching improves exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39: 1825–1831
- [7] Schleip R, Bayer J. Faszien-Fitness. Riva Verlag; 2014
- [8] Goldspink G. Cellular and molecular aspects of adaptation in skeletal muscle. In: Komi PV, Hrsg. Strength and power in sports. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1992: 211–229
- [9] Kamikawa Y, Ikeda S, Harada K et al. Passive Repetitive Stretching for a Short Duration within a Week Increases Myogenic Regulatory Factors and Myosin Heavy Chain mRNA in Rats' Skeletal Muscles. *Scientific World Journal* 2013; 1–6
- [10] Peviani SM, Guzzoni V, Pinheiro-Dardis CM et al. Regulation of extracellular matrix elements and sarcomerogenesis in response to different periods of passive stretching in the soleus muscle of rats. *Sci Rep* 2018; 8: 1–9
- [11] Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L et al. Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Med* 2004; 34: 443–449
- [12] Herbert RD, Gabriel M. Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury. systematic review. *BMJ* 2002; 325: 1–5
- [13] Marschall F, Ruckelshausen B. Dient Dehnen der Verletzungsprophylaxe? Eine qualitative Metaanalyse. *Spectrum* 2004; 16: 31–47
- [14] Thacker SB, Gilchrist J, Stroup DF et al. The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 371–378
- [15] Wiemeyer J. Dehnen – eine sinnvolle Vorbereitungsmaßnahme. *Spectrum* 2002; 14: 53–80
- [16] Klee A. Zur Wirkung des Dehnungstrainings als Verletzungsprophylaxe – eine Analyse der empirischen Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der Verletzungsarten. *Sportwissenschaft* 2006; 36: 23–38
- [17] Small K, Mc Naughton L, Matthews M. A systematic review into the efficacy of static stretching as part of a warm-up for the prevention of exercise-related injury. *Res Sports Med* 2008; 16: 213–231
- [18] Amako M, Oda T, Masuoka K et al. Effect of static stretching on prevention of injuries for military recruits. *Mil Med* 2003; 168: 442–446
- [19] Bixler B, Jones RL. High-school football injuries: effects of a post-half-time warm-up and stretching routine. *Fam Pract Res J* 1992; 12: 131–139
- [20] Cross KM, Worrell TW. Effects of a static stretching program on the incidence of lower extremity musculotendinous strains. *J Athl Train* 1999; 34: 11–14
- [21] McHugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20: 169–181
- [22] Ekstrand J, Gillquist J. The avoidability of soccer injuries. *Int J Sports Med* 1983; 4: 124–128
- [23] Hadala M, Barrios C. Different strategies for sports injury prevention in an America's Cup yachting crew. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41: 1587–1596
- [24] Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD et al. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab* 2016; Dec8 1–11
- [25] Pope RP, Herbert RD, Kirwan JD. Effects of ankle dorsiflexion range and preexercise calf muscle stretching on injury risk in army recruits. *Australian J Physiother* 1998; 44: 165–177
- [26] Arnason A, Andersen TE, Holme I et al. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18: 40–48
- [27] Van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC et al. Prevention of running injuries by warm-up, cool-down, and stretching exercises. *Am J Sports Med* 1993; 21: 711–719
- [28] Hartig DE, Henderson JM. Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *Am J Sports Med* 1999; 27: 173–176

- [29] Pope RP, Herbert RD, Kirwan JD et al. A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 271–277
- [30] Jamtvedt G, Herbert RD, Flottorp S et al. A pragmatic randomised trial of stretching before and after physical activity to prevent injury and soreness. *Br J Sports Med* 2010; 44: 1002–1009
- [31] Klein C, Bloch H, Burkhardt K et al. VBG-Sportreport 2021 – Analyse des Verletzungsgeschehens in den zwei höchsten Ligen der Männer: Basketball, Eishockey, Fußball, Handball. Hamburg: VBG; 2022
- [32] Videbæk S, Moeballe Bueno A, Nielsen RO et al. Incidence of Running-Related Injuries Per 1000 h of running in Different Types of Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 2015; 45: 1017–1026
- [33] Klee A. Zur Wirkung des Dehnungstrainings als Verletzungsprophylaxe. In: Freiwald J, Jöllenbeck T, Olivier N, Hrsg. *Prävention und Rehabilitation*. Köln: Strauß; 2007: 337: 346

