

Zur Wirkung des Dehnungstrainings als Verletzungsprophylaxe

Andreas Klee

In den letzten Jahren wurden vier Metaanalysen und Übersichtsarbeiten zur Wirkung des Dehnungstrainings als Verletzungsprophylaxe veröffentlicht (vgl. Tab. 1, 1. Spalte), denen gemeinsam ist, dass das abschließende Urteil negativ ausfällt, d.h., dem Dehnungstraining wird keine bzw. nur eine geringe Wirkung bei der Verletzungsprophylaxe beigemessen.

1 Analyse der empirischen Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der Verletzungsarten

Bei den 12 Primärstudien (vgl. Tab. 1, 3. Zeile), die von den vier Metaanalysen und Übersichtsarbeiten einbezogen wurden, fallen solche auf, bei denen nicht nur akute Muskelzerrungen und -faserrisse registriert wurden, sondern auch akute Verletzungen und Überlastungsschäden anderer Strukturen (Bänder, Schleimbeutel, Gelenke, Knochen), bei denen sich die Frage stellt, ob diese durch Dehnungsübungen vermieden werden können. Da die Beantwortung dieser Frage auch Konsequenzen auf die Aussagefähigkeit der Metaanalysen und Übersichtsarbeiten hat, wurden alle Primärstudien hinsichtlich der erhobenen Verletzungsarten einer differenzierten Analyse unterzogen.

Tab. 1: Primärstudien (3. Zeile) und deren Typisierung (1. und 2. Zeile) sowie die 4 Übersichtsarbeiten (1. Spalte) und die Angabe (X), welche Primärstudien jeweils analysiert wurden. Typ 1: Muskelzerrungen erhoben und ausgewertet. Typ 2: Muskelzerrungen und andere Verletzungen getrennt erhoben, aber nicht getrennt ausgewertet. Typ 3: Muskelzerrungen und andere Verletzungen nicht getrennt erhoben. Typ 4: Keine Muskelzerrungen erhoben, nur andere Verletzungen.

	experimentelle Studien						Befragungen					
	Typ 1	Typ 2	Typ 3		Typ 4		Typ 2			Typ 3		Typ 4
	Gross et al. (1999)	Pope et al. (2000)	Bixler et al. (1992)	Hartig et al. (1999)	Andrish et al. (1974)	Pope et al. (1998)	Dirx et al. (1992)	Johannsen et al. (1993)	Mechelen (1993)	Macera et al. (1989)	Walter et al. (1989)	Wilber (1995)
Herbert & Gabriel (2002)		X				X						
Marschall & Ruckelshausen (2004)		X	X	X						X	X	
Wiemeyer (2002)		X					X	X	X		X	X
Thacker et al. (2004)	X	X	X	X	X	X						

Wie die Tabelle zeigt, wurden in drei Untersuchungen ausschließlich andere Verletzungen als Muskelzerrungen erfasst (Typ 4), in vier weiteren Untersuchungen Muskelzerrungen und andere Verletzungen nicht getrennt registriert (Typ 3) und in vier Untersuchungen Muskelzerrungen und andere Verletzungen zwar getrennt erhoben, aber nicht getrennt ausgewertet (Typ 2).

Die Metaanalyse von Herbert & Gabriel (2002), die häufig zitiert wird, basiert nur auf zwei Untersuchungen. In einer dieser Untersuchungen wurden keine Muskelzerrungen erhoben (Pope, Herbert & Kirwan, 1998), in der anderen (Pope, Herbert, Kirwan & Graham, 2000) machten Muskelzerrungen nur einen Anteil von 10,5% aus. Die restlichen Verletzungen waren Verstauchungen des Fußgelenks, Ermüdungsbrüche des Wadenbeins und des Fußes, Knochenhaut- und Sehnenentzündungen, das vordere Muskellogensyndrom, Verletzungen der Gelenke, Meniskusverletzungen und Schleimbeutelentzündungen. Dabei ist noch anzumerken, dass in der Untersuchung von Pope et al. (2000) in der Gruppe der Rekruten, die während der 12-wöchigen Grundausbildung vor den Belastungen sechs Beinmuskeln jeweils 20 s lang dehnte, mit 14 Zerrungen sieben weniger auftraten als in der Kontrollgruppe. Diese Frage wird von den Autoren statistisch nicht ausgewertet. Eine persönliche Nachfrage ergab allerdings, dass dieser Unterschied nicht signifikant war.

Tab. II: Verletzungsarten in den Spielzeiten 1994 und 1995 (verändert nach Cross & Worrell, 1999, S. 13)

Region	1994	1995 (stretch)	Difference
Head and neck	17	18	+ 1
Shoulder	10	34	+ 24
Elbow	1	7	+ 6
Wrist and hand	11	8	- 3
Thorax	5	7	+ 2
Low back	14	11	- 3
Hip	6	0	- 6
Knee	27	19	- 8
Ankle and foot	19	24	+ 5
Heat illness	2	4	+ 2
Other injuries	112	132	+ 20
Musculotendinous strain	43	21	- 22
Total	155	153	- 2

Nur in der Untersuchung von Cross & Worrell (1999) wurden Muskelzerrungen und andere Verletzungen getrennt erhoben und getrennt ausgewertet. Cross & Worrell (1999) hatten die Verletzungen von 193 Footballspielern über die Spielzeiten 1994 und 1995 verfolgt. 1995 dehnten die Sportler im Gegensatz zur Saison von 1994 vor jedem

Sprinttraining die hinteren und vorderen Oberschenkelmuskeln, die Adduktoren und die Wadenmuskulatur. Die Anzahl der Verletzungen unterschied sich in den beiden Spielzeiten nicht signifikant (Tab. II, letzte Zeile), die Zahl der Muskel- und Sehnenverletzungen war 1995 mit 21 hingegen signifikant geringer als in der 1994 mit 43 (vorletzte Zeile). Dies zeigt, dass sich bei den Muskelverletzungen durchaus ein signifikanter Unterschied zeigen kann, auch wenn sich dies bei dem Vergleich der Zahlen aller Verletzungen nicht offenbart. Bei den anderen Verletzungen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Die Vermutung, die Reduzierung der Muskel- und Sehnenverletzungen durch Dehnungstraining würde gleichzeitig zu einer Zunahme anderer Verletzungen führen (Tab. II, drittletzte Zeile), lässt sich somit nicht bestätigen. Da sich die größte Zunahme der anderen Verletzungen am Ellenbogen und an der Schulter zeigt, ist kein Zusammenhang zum Dehnen der Beinmuskeln zu erkennen.

Da auch eine weitere Untersuchung (Dadebo, White & George, 2004) belegt, dass Dehnen die Zahl der Muskelzerrungen reduziert, ist es zu früh zu resümieren, Dehnen hätte keine Bedeutung bei der Vorbeugung von Verletzungen, es sei denn, man betont bei dieser Aussage ausdrücklich, dass mit Verletzungen alle Verletzungen aller Strukturen gemeint sind.

Darüber hinaus fällt auf, dass die experimentellen Untersuchungen sich ausschließlich mit der Frage nach der Wirkung des Dehnungstrainings als Verletzungsprophylaxe im Rahmen von Aufwärmprogrammen (kurzfristige Effekte) beschäftigt haben, Untersuchungen zur Wirkung eines Dehnungstrainings über mehrere Wochen und Monate (langfristige Effekte) fehlen, bzw. wurden so durchgeführt, dass sich kurz- und langfristige Effekte nicht trennen lassen.

2 Kurz- und langfristige Effekte bei der Verletzungsprophylaxe - Probleme bei der Trennung

Beim Untersuchungsschwerpunkt der Verletzungsprophylaxe müssen wie auch bei den anderen Effekten eines Dehnungstrainings sowohl bei den Dehnmaßnahmen wie auch bei den Dehneffekten zwei zeitliche Dimensionen unterschieden werden (Wiemann 1994):

1) *Kurzzeitdehnen*, d.h. 10 – 20 min dauernde Dehnprogramme, wie man sie innerhalb eines Aufwärmprogramms durchführt, die *kurzfristige Effekte* (Aufwärmeffekte) bewirken, die nach wenigen Minuten nachlassen und nach einer Stunde wieder abgeklungen sind.

2) *Langzeitdehnen*, d.h. über mehrere Wochen regelmäßig (täglich oder zumindest alle drei Tage) durchgeführte kurzzeitige Dehnprogramme, die zu Trainingsanpassungen führen, die über Wochen und Monate Bestand haben (*langfristige Effekte*, Wachstumsprozesse).

Sowohl vom Kurzzeitdehnen als auch beim Langzeitdehnen wird eine Minderung der Verletzungsrate erwartet (Witvrouw, Mahieu, Danneels & McNair, 2004).

Bei allen vorliegenden Primärstudien lassen sich die kurzfristigen Effekte nicht von den langfristigen Effekten trennen. Dies trifft sowohl auf die Untersuchungen zu, die keine Reduzierung feststellten als auch auf die, die eine Reduzierung nachwiesen.

Auch bei den beiden Untersuchungen von Cross & Worrell (1999) und von Dadebo et al. (2004) lässt sich nicht eindeutig klären, ob die positive Wirkung des Dehnens auf die Anzahl der Muskelzerrungen den kurz- oder den langfristigen Effekten zugeschrieben werden muss, da die Untersuchungsdesigns keine klare Trennung zulassen.

Hätte man ausschließlich *kurzfristige* Effekte untersuchen wollen, dann hätten entweder immer wieder verschiedene Probanden untersucht werden müssen, oder es hätten längere Pausen (mehrere Wochen) zwischen den Dehnprogrammen eingelegt werden müssen, so dass keine langfristigen Effekte hätten auftreten können. Solche Untersuchungen liegen nicht vor, denn in diesen beiden und auch in den anderen Untersuchungen wurde über einen längeren Zeitraum regelmäßig gedehnt, so dass nicht auszuschließen ist, dass mit zunehmendem Untersuchungszeitraum die Beteiligung langfristiger Effekte zugenommen hat und die Ergebnisse somit in beiderlei Hinsicht (kurzfristige und langfristige Effekte) hätten diskutiert werden müssen.

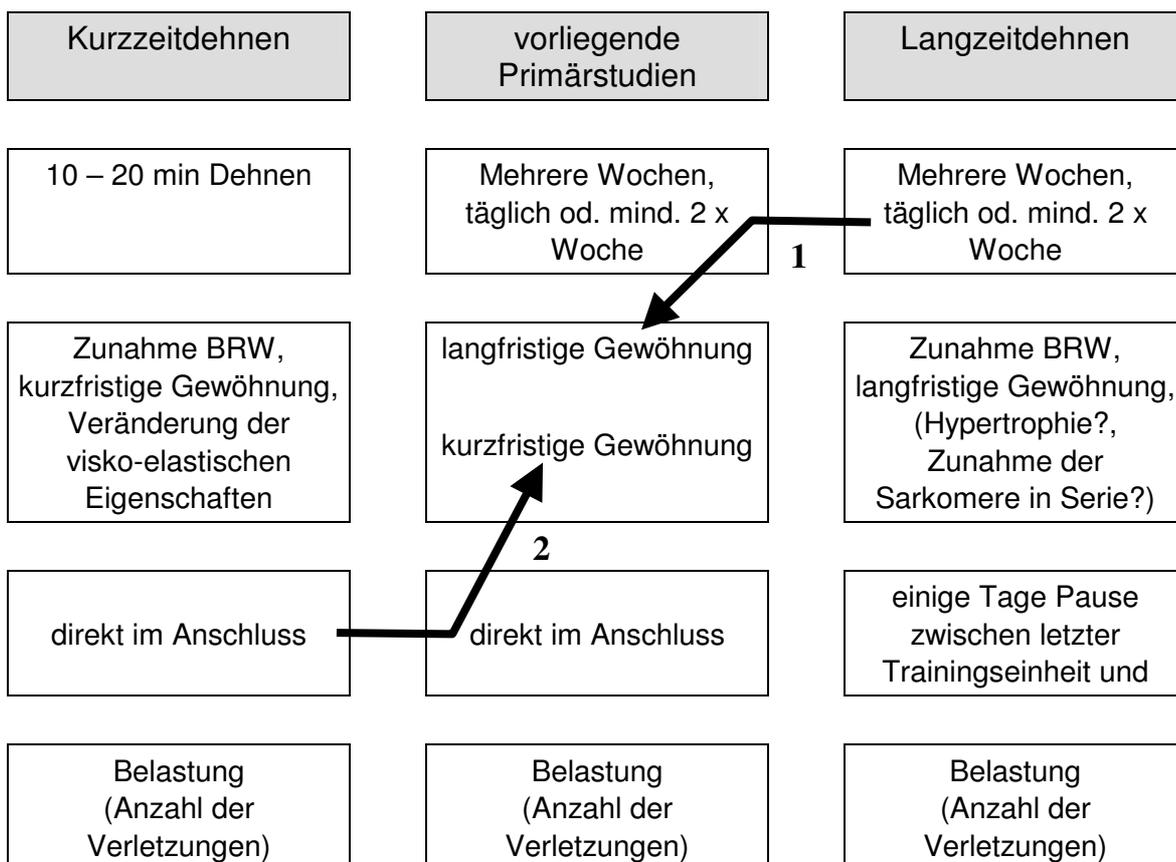


Abb. 1: Der Versuchsablauf zur Überprüfung der Wirkung eines Kurzzeitdehnens (links) und eines Langzeitdehnens (rechts) und die Konfundierung der Effekte bei den vorliegenden Primärstudien (Mitte; BRW: Bewegungsreichweite)

Will man hingegen ausschließlich *langfristige* Effekte untersuchen, muss das Dehnen in einer eigenen Trainingseinheit absolviert werden, d.h. nicht direkt vor derjenigen Belastung, bei der Verletzungen ausgelöst werden können. Wird keine Pause zwischen dem Dehnen und der Belastung eingelegt, in der die kurzfristigen Effekte abklingen können, so lassen sich die kurzfristigen Effekte nicht von den langfristigen trennen.

Wenn Kurzzeit- und Langzeitdehnen gleiche Effekte haben (Abnahme der Verletzungsgefahr), besitzen die eingesetzten Untersuchungsdesigns lediglich den Nachteil, dass man die Effekte nicht trennen kann. Da aber grundsätzlich auch gegensätzliche Effekte denkbar sind (ein intensives Kurzzeitdehnen könnte z.B. kurzfristig zu einer Zunahme des Verletzungsrisikos führen, Wiemann & Klee, 2000), müssen diese Fragestellungen forschungsmethodisch deutlicher getrennt werden.

In Abb. 1 wird verdeutlicht, wie es bei den vorliegenden Primärstudien zur Konfundierung kurz- und langfristiger Effekte kommt. Da die Vpn in allen Untersuchungen über mehrere Wochen regelmäßig dehnten, stellten sich vermutlich langfristige Effekte ein (1). Da diese Dehnungsprogramme unmittelbar vor der Belastung durchgeführt wurden, kam es auch zu kurzfristigen Effekten (2).

3 Muskelkater – ein „nicht pathologisches Modell von Muskelverletzungen“?

Bei den Übersichtsarbeiten zur Wirkung des Dehnungstrainings als Verletzungsprophylaxe werden auch Primärstudien herangezogen, die die Wirkung des Dehnens auf die Entstehung von Muskelkater prüften und die nachwiesen, dass man Muskelkater weder durch Dehnen vor einer Belastung noch durch Dehnen nach einer Belastung reduzieren kann. Die Ergebnisse sind vor allem überzeugend, da neben dem subjektiv eingeschätzten Muskelkater auch andere Parameter erhoben werden. So kann durch ein Kurzzeitdehnen weder die Abnahme der Kraft, die mit dem Muskelkater einhergeht, reduziert werden, noch die Kreatinkinasekonzentration, noch die Bewegungseinschränkung. Es gibt sogar Hinweise darauf, dass durch intensives Kurzzeitdehnen Muskelkater ausgelöst bzw. verstärkt wird (vgl. Klee, 2006a).

Zu allen Ergebnissen ist anzumerken, dass hierbei ausschließlich kurzfristige Effekte untersucht wurden (die Wirkung eines *einmaligen* Dehnungstrainings), d.h. zu den Wirkungen eines mehrwöchigen regelmäßigen Dehnungstrainings liegen noch keine Untersuchungen vor.

Zudem ist fraglich, welche Rückschlüsse diese Primärstudien auf die Wirkung des Dehnungstrainings als Verletzungsprophylaxe haben. Sie haben nur dann eine Beweiskraft, wenn man akzeptiert, dass Muskelkater als „nicht pathologisches Modell von Muskelverletzungen“ (Wiemann & Kamphöfner, 1995, S. 412) im Sinne einer graduellen

Verletzung zu verstehen ist. Neben Parallelen zwischen Muskelverletzungen und Muskelkater (Schmerzen, Bewegungseinschränkung) gibt es aber auch Unterschiede (Zeitpunkt des Auftretens der Schmerzen, bei Muskelkater keine erkennbaren Symptome wie Hämatome, Hitze, Schwellungen).

Yu, Carlsson und Thornell (2004) nehmen an, dass die Veränderungen der Myofibrillen und des Zytoskeletts, die mit Muskelkater einhergehen, eher den Wiederaufbau der Myofibrillen widerspiegeln, als dass sie Anzeichen einer Zerstörung der Myofibrillen sind. Bei ihren Untersuchungen von Muskelbiopsien von Vpn, die typische Muskelkater auslösende Aktivitäten absolvierten (Herunterlaufen von Treppen, exzentrisches Fahrradfahren, Bergablaufen) und die starken Muskelkater verspürten, fanden sie nicht die typischen Merkmale einer Verletzung (kein Fibronectin, kein Absterben von Muskelfasern, keine Entzündungen und keine Makrophagen, Yu, 2003). Sie entdeckten allerdings größere Mengen an Aktin und Desmin, ein erstes Indiz für den Neuaufbau der Myofibrillen, den sie dann auch im Elektronenmikroskop nachweisen konnten.

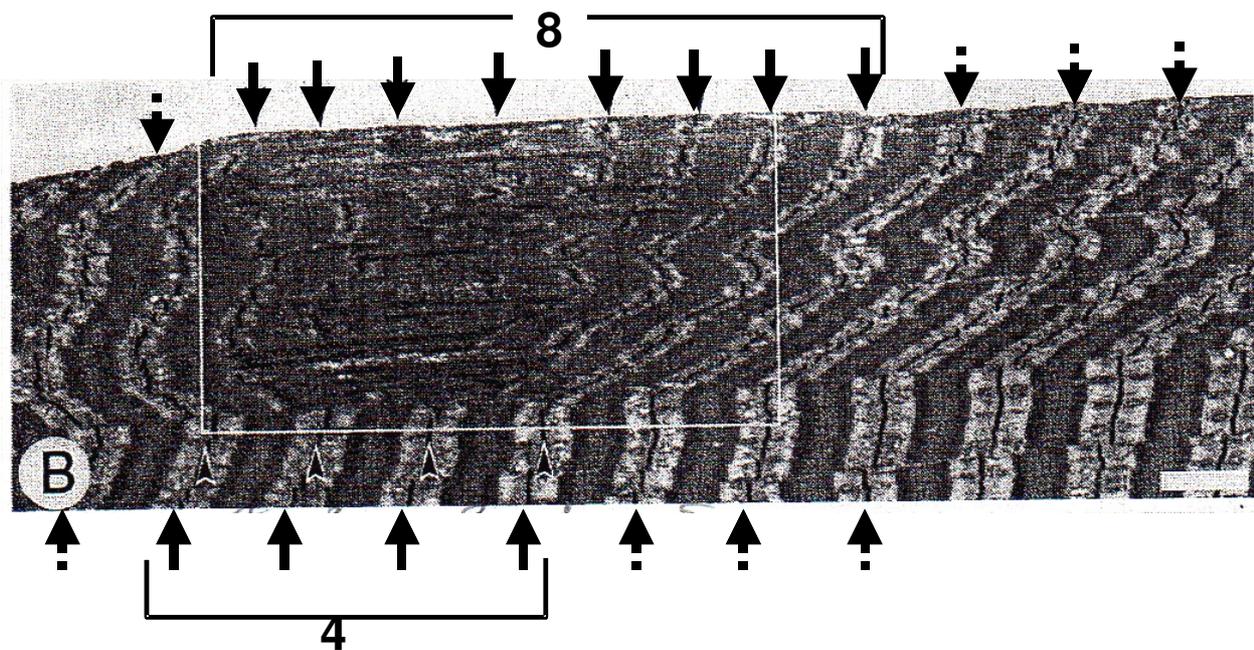


Abb. 2: Elektronenmikroskopische Aufnahme einer Muskelbiopsie im Längsschnitt sieben Tage nach der exzentrischen Belastung (verändert nach Yu et al., 2003, S. 223)

Sie fanden nach 2-3 Tagen eine Zunahme der Sarkomere in Serie von 11%, nach 7-8 Tagen von 16,8%. Auf Abb. 2 ist zu sehen, wie sich dort, wo ursprünglich vier Sarkomere waren, nach der Belastung acht Sarkomere entwickeln. Durch dieses Ergebnis lässt sich nach Yu auch zum ersten Mal erklären, warum das zweite Training oft schon keinen oder nur noch weniger Muskelkater auslöst („second bout effect“).

Einige Passagen der Dissertation von Yu (2003) und der Veröffentlichung von Yu et al. (2004) zeigen jedoch, dass die Diskussion, ob Muskelkater ein nicht pathologisches Modell von Muskelverletzungen ist, noch nicht abgeschlossen werden kann, denn nach Yu kommt es zu Zerstörungen der Zellmembran mit einem Durchmesser von einem Mikrometer, die allerdings schon nach einer Minute wieder verheilt sind (2003, 26 f.). Dies ist wohl der Grund, warum Yu et al. (2004) schreiben: "... we propose that the alternations reflect myofibril remodeling rather than myofibril damage".

4 Zusammenfassung

Durch Dehnen lassen sich Muskelzerrungen reduzieren, wobei nicht geklärt werden kann, ob dies den kurz- oder den langfristigen Effekten zugeschrieben werden kann. Die Aussagekraft von Untersuchungen zur Wirkung des Dehnens auf die Entstehung des Muskelkaters für die Verletzungsprophylaxe erscheint sehr fraglich.

5 Literaturverzeichnis

- Andrish, J.T., Bergfeld, T.A. & Walheim, J. (1974). A prospective study on the management of shin splits. *J. Bone. Joint. Surg.*, 56-A, 1697-1700.
- Bixler, B. & Jones, R.L. (1992). High-school football injuries: effects of a post-halftime warm-up and stretching routine. *Fam Pract Res J.*, 12 (2), 131-139.
- Cross, K.M. & Worrell, T.W. (1999). Effects of a static stretching program on the incidence of lower extremity musculotendinous strains. *J. Athl. Train.*, 34, 11-14.
- Dadebo, B., White, J. & George, K.P. (2004). A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *Br J Sports Med.*, 38 (4), 388-394.
- Dirx, M., Bouter, L.M., Geus, de, G.H. (1992). Aetiology of handball injuries. *Br J Sports Med.*, 26 (3), 121-124.
- Hartig, D.E. & Henderson, J.M. (1999). Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *Am J Sports Med.*, 27 (2): 173-176.
- Herbert, R.D. & Gabriel, M. (2002). Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury. systematic review. *BMJ*, 325, 1-5.
- Johannsen, F. & Stallknecht, B. (1993). Training, injuries and infections among elite orienteers. *Scan J Med Sci Sports*, 3, 273-278.
- Klee, A. (2003). *Methoden und Wirkungen des Dehnungstrainings*. Habilitationsschrift. Schorndorf: Hofmann.
- Klee, A. (2006a): Beweglichkeitstraining im Freizeitsport - biologische Grundlagen und praktische Empfehlungen. In: Ferrauti, A. (Hrsg.): *Trainingswissenschaft im Freizeitsport*. Bochum. Feldhaus Verlag, Edition Czwalina, Hamburg, (im Druck).

- Klee, A. (2006b): Zur Wirkung des Dehnungstrainings als Verletzungsprophylaxe – eine Analyse der empirischen Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der Verletzungsarten. In: *Sportwissenschaft*, (im Druck).
- Klee, A. & Wiemann, K. (2005). *Beweglichkeit und Dehnfähigkeit*. Schriftenreihe Praxisideen, Verlag K. Hofmann, Schorndorf.
- Macera, C.A., Pate, R.R., Powell, K.E., Jackson, K.L. et al. (1989). Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. *Arch Intern Med.*, 149 (11), 2565-2568.
- Marschall, F. & Ruckelshausen, B. (2004). Dient Dehnen der Verletzungsprophylaxe? Eine qualitative Metaanalyse. *Spectrum* 16 (1), 31-47.
- Mechelen, W. van (1993). Prevention of running injuries by warm up. *Am J Sports Med.*, 21 (5), 711-719.
- Pope, R.P., Herbert, R.D. & Kirwan, J.D. (1998). Effects of ankle dorsiflexion range and pre-exercise calf muscle stretching on injury risk in army recruits. *Australian J Physiother*; 44, 165-177.
- Pope, R.P., Herbert, R.D., Kirwan, J.D. & Graham, B.J. (2000). A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Med Sci Sports Exerc.*, 32 (2), 271-277.
- 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. *Med Sci Sports Exerc.* 36 (3), 371-378.
- Walter, S.D., Hart, L.E., McIntosh, J.M. & Sutton, J.R. (1989). The Ontario cohort study of running-related injuries. *Arch Intern Med.*, 149 (11), 2561-2564.
- Wilber, C.A. (1995). An epidemiological analyse of overuse injuries among rec-reational cyclists. *Int J Sports Med.*, 16 (3), 201-206.
- Wiemann, K. (1994). Beeinflussung muskulärer Parameter durch unterschiedliche Dehnverfahren. In Hoster, M. & Nepper, H.-U. (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? *Dtsch Z. Sportmed.*, 46 (9), 411-421.
- Wiemann, K. & Klee, A. (2000). Die Bedeutung von Dehnungsübungen für die Aufwärmphase. *Leistungssport*, 30 (4), 5-9.
- Wiemeyer, J. (2002). Dehnen – eine sinnvolle Vorbereitungsmaßnahme. *Spectrum*, 14 (1), 53-80.
- Witvrouw, E., Mahieu, N., Danneels, L. & McNair, P. (2004). Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Med.*, 34 (7), 443-449.
- Yu, J.G. (2003). Re-evaluation Of Exercise-induced Muscle Soreness. An Immunohistochemical and Ultrastructural Study. Sweden, Umeå University Dissertations, New series No 850 ISSN 0346-6612 ISBN 91-7305-503-4.
- Yu, J.G., Carlsson, L. & Thornell, L.E. (2004). Evidence for myofibril remodeling as opposed to myofibril damage in human muscles with DOMS: an ultrastructural and immunoelectron microscopic study. *Histochem Cell Biol.*, 121 (3): 219-27.