

Schmitt H, Friebe C, Lemke JM, Thiele J, Schneider S, Sabo D

Verletzungen und Spätschäden bei ehemaligen Hochleistungssportlern leichtathletischer Sprungdisziplinen

Injuries and late sequelae in former elite athletes of track and field jumping disciplines

Abteilung Orthopädie I, Stiftung Orthopädische Universitätsklinik Heidelberg

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war es festzustellen, inwieweit durch unterschiedliche sportartspezifische Belastungen spezielle Verletzungs- und Beschwerdemuster in den leichtathletischen Sprungdisziplinen Weitsprung, Dreisprung, Hoch- und Stabhochsprung vorhanden waren und auch mehr als 10 Jahre nach Beendigung der Karriere Probleme bereiten.

93 ehemalige Hochleistungssportler, die in den Bestenlisten des Deutschen Leichtathletikverbandes (DLV) der Jahre 1972-1986 unter den Top 40-Athleten aufgeführt waren, wurden über einen standardisierten Fragebogen retrospektiv zu ihrer Verletzungs- und Beschwerdeanamnese während und nach der Hochleistungsphase befragt.

Während der Hochleistungsphase klagten Hochspringer am häufigsten über Verletzungen und Beschwerden an Sprung- (32 von 40) und Kniegelenken (26 von 40) der Sprungbeine, Weit- und Dreispringer über Verletzungen der Oberschenkelmuskulatur (20 von 29), Stabhochspringer über Beschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule (20 von 24). Nach Beendigung der Hochleistungsphase sind bei allen Sprungsportarten Beschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule vordergründig (44 von 93). Unterschiedliche sportartspezifische Belastungen in den leichtathletischen Sprungdisziplinen führen zu unterschiedlichen Verletzungs- und Beschwerdemustern. Deren Kenntnis ist in der sportorthopädischen Betreuung zur Prophylaxe von Verletzungen von besonderer Wichtigkeit.

Schlüsselwörter: Leichtathletik, Springer, Verletzungen, ehemalige Athleten

Einleitung

Sportliche Höchstbelastungen über einen langen Zeitraum können zu Verletzungen und Überlastungsschäden führen, die je nach Beanspruchung in einer Disziplin sehr unterschiedlich aussehen können. So stehen beispielsweise bei Speerwerfern Beschwerden im Bereich des Wurfarmes im Vordergrund, während bei Langläufern Beschwerden an den oberen Extremitäten fast überhaupt nicht beschrieben werden. Inwieweit sich bei leichtathletischen Sprungdisziplinen Unterschiede finden, wurde bislang noch nicht vergleichend untersucht. Bei allen Sprungdisziplinen gilt es, eine möglichst hohe Anlaufgeschwindigkeit zu erreichen, um eine bestmögliche Sprungleistung zu erzielen. Während der Hochspringer

Summary

The object of the study was to find what injuries and late sequelae are present in elite athletes of different track and field jumping disciplines. 93 former elite athletes (40 high jumpers, 29 long and triple jumpers, 24 pole vaulters), featured in the lists of top athletes by the German Athletic Association (DLV) from 1972 – 1986 were retrospectively interviewed about injury and complaints during and after their competitive sports careers (CSC).

During CSC, high jumpers suffer mainly from injuries and complaints in ankle (32 of 40) and knee (26 of 40) joints of the takeoff leg, long and triple jumpers from sprains of the hamstring muscles (20 of 29), pole vaulters from complaints of the lumbar spine (20 of 24).

After termination of CSC, all jumping disciplines suffer primarily from complaints of the lumbar spine.

Biomechanical loading patterns specific to each jumping discipline lead to specific patterns of injury and complaints. A thorough knowledge of such patterns is highly important for the prophylaxis of injury in sport medical care.

Key words: track and field, jumper, injuries, former athletes

als Flop-Springer den Anlauf in einer Kurvenform absolviert, kann der Weit- und Dreispringer mit höherer Geschwindigkeit geradlinig anlaufen. Stabhochspringer müssen, den Sprungstab tragend, eine maximale Höchstgeschwindigkeit erzielen, um diesen dann in den Einstichkasten zu stoßen, die Anlaufgeschwindigkeit - verbunden mit einer möglichst hohen Griffhöhe - auf den Stab zu übertragen und den Impuls in Höhe umzusetzen.

Ziel unserer retrospektiven Untersuchung war es daher festzustellen, welche Beschwerden bei Hochspringern, Weit-/Dreispringern und Stabhochspringern während der aktiven Hochleistungsphase auftreten, ob es Unterschiede in den verschiedenen Sprungdisziplinen gibt und welche Körperregionen auch nach Beendigung der Hochleistungsphase Probleme bereiten.

Methodik

Anhand der Bestenlisten des Deutschen Leichtathletikverbandes (DLV) der Jahre 1972 bis 1986 wurde in den einzelnen Sprungdisziplinen eine Top 40-Bestenliste aufgestellt. Folgende Einschlusskriterien mussten erfüllt sein: 1. Es wurden ausschließlich Spezialisten, keine Mehrkämpfer berücksichtigt. 2. Nur Männer wurden erfasst. 3. Das Ende der Hochleistungsphase zum Zeitpunkt der Untersuchung musste mindestens 10 Jahre zurückliegen.

Insgesamt konnten 127 Athleten (48 Hochspringer, 39 Weit- und Dreispringer, 40 Stabhochspringer) angeschrieben werden. 40 Hochspringer (min. Bestleistung 2,18 m), 29 Weit- (min. BL 7,80 m) und Dreispringer (min. BL 16,20 m) und 24 Stabhochspringer (min. BL 5,00 m), zu denen ein

Tabelle 1: Sportartspezifische Trainingsparameter der Untersuchungsgruppe

Disziplin	Hochsprung (n=40)	Weit-/Dreisprung (n=29)	Stabhochsprung (n=24)
Alter zum Befragungszeitpunkt (Jahre)	42 (32-56)	44 (36-59)	45 (33-60)
Bestleistung (m)	2,23 (2,18-2,36)	8,04 (7,80- 8,54) 16,84 (16,27-17,44)	5,34 (5,00-5,66)
Dauer HLS (Jahre)	10 (5-17)	12 (5-26)	11 (6-17)
Trainingspensum während HLS (Std./Wo.)	19 (7-25)	15 (6-25)	17 (10-35)
Ende HLS (Jahre)	16 (10-24)	15 (10-28)	18 (9-33)
Sport nach HLS (Std./Wo.)	4 (0-15)	3 (0-8)	5 (1-15)

Kontakt hergestellt werden konnte, waren bereit, an der Studie teilzunehmen, konnten befragt und untersucht werden. Die unterschiedliche Gruppengröße pro Disziplin ergibt sich aus den unterschiedlichen Response-Raten, also der unterschiedlichen Bereitschaft der Athleten, an der Studie teilzunehmen. In der Gruppe der Hochspringer fanden sich mehrere Athleten, die die minimal geforderte Bestleistung erbrachten, so dass die maximal zu erfassende Gruppengröße 48 Athleten betrug. Aufgrund ähnlicher Trainingsinhalte und der Tatsache, dass häufig eine Teilnahme in beiden Disziplinen angegeben wurde, wurde eine Gesamtgruppe für Weit- und Dreispringer gebildet.

Die Teilnehmer der Studie wurden retrospektiv über einen standardisierten Fragebogen ('Paper and pencil interview: PAPI) über die Dauer der Hochleistungsphase, den Umfang des Trainings in Stunden pro Woche, das Ende der Hochleistungsphase, die sportliche Aktivität nach Beendigung der Hochleistungsphase (in Stunden pro Woche), das Auftreten von Verletzungen und Überlastungsschäden während und nach der Hochleistungsphase interviewt. Eine Verletzung wurde definiert als ein Ereignis während Training oder Wettkampf, das die Athleten zwang, Training oder Wettkampf abzubrechen und eine Trainingspause von mindestens 1 Woche nach sich zog und/oder eine medizinische Behandlung erforderlich machte. Im Bereich der unteren Extremität erfolgte eine Unterteilung in Verletzungen und Beschwerden an Sprung- bzw. Schwungbein.

Angaben über Verletzungen und Beschwerden während und nach der Hochleistungsphase konnten größtenteils

durch Aufzeichnungen in Trainingsbüchern und durch vorhandene Arztberichte abgeglichen werden.

Zur Beurteilung des Vorhandenseins von Spondylolisthesen wurden Röntgenbilder der Lendenwirbelsäule in zwei Ebenen ausgewertet. Die univariate Auswertung der Daten erfolgte deskriptiv. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Universität Heidelberg befürwortet.

Ergebnisse

Einen Überblick über Alter und sportartspezifische Parameter gibt Tabelle 1. Signifikante Unterschiede in Bezug auf Dauer und Intensität der Hochleistungsphase finden sich nicht, ebenso unterscheiden sich die Gruppen im Sportverhalten nach Beendigung der Hochleistungsphase nicht signifikant.

Verletzungen und Beschwerden während und nach Beendigung der Hochleistungsphase sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Bei Hochspringern stehen während der Hochleistungsphase Verletzungen und Beschwerden am Sprunggelenk und Kniegelenk des Sprungbeines im Vordergrund, gefolgt von Rückenbeschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule. Weit- und Dreispringer klagen am häufigsten über Verletzungen der Oberschenkelmuskulatur, daneben über Probleme an Sprunggelenken und Kniegelenk,

insbesondere des Sprungbeines. Bei Stabhochspringern stehen Wirbelsäulenbeschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule im Vordergrund, gefolgt von Weichteilverletzungen der Oberschenkel und Problemen an Sprung- und Kniegelenk des Sprungbeines.

Nach Beendigung der Hochleistungsphase klagen die ehemaligen Athleten aller Sprungsportarten am häufigsten über Beschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule, gefolgt von Problemen an den Kniegelenken. Bei Stabhochspringern treten auch Schulterbeschwerden gehäuft auf.

Beschwerden im Bereich der Sprunggelenke wurden im Bereich des Sprungbeines bei 21 (von 40) Hochspringern durch Distorsionen und Bandrupturen verursacht, von denen fünf operativ versorgt wurden; bei den übrigen fanden sich belastungsabhängige Beschwerden aufgrund von Instabilitäten oder Knorpelschäden. 20 Hochspringer klagten über ein rezidivierendes Patellaspatzsyndrom am Sprungbein, bei 10 Athleten erfolgte nach erfolgloser konservativer Behandlung eine operative Revision. Bei weiteren 13 Hochspringern wurden operative Eingriffe am Kniegelenk wegen Innenmeniskusschäden, Knorpelschädigungen, Plica-Syndromen und Bursitiden erforderlich. Funktionelle Beschwerden standen im Bereich der Lendenwirbelsäule im Vordergrund. Am häufigsten klagten Athleten über behandlungsbedürftige, rezidivierende Blockierungen und Verspannungen, bei fünf Athleten wurde ein Bandscheibenvorfall, bei zwei eine Spondylolisthese diagnostiziert.

Bei sieben Athleten konnte ein Ermüdungsbruch des Sprungfußes erkannt werden, bei zwei Athleten wurde ei-

ne Achillessehnenruptur am Sprungbein operativ versorgt.

Nach Beendigung der Hochleistungsphase stehen funktionelle Beschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule aufgrund von Verspannungen und Blockierungen im Vordergrund.

Bei 20 (von 29) Weit- und Dreispringern kam es während der Hochleistungsphase zu Zerrungen und Muskelfaserrissen der Oberschenkelmuskulatur des Sprungbeines, bei 18 zu derartigen Verletzungen des Schwungbeines. Dreimal erfolgte eine operative Versorgung. Distorsionen und Kapselbandverletzungen der Sprunggelenke traten bei 14 Athleten am Sprungbein, bei zehn Athleten am Schwungbein auf, zweimal erfolgte eine operative Versorgung. Bei sechs Athleten kam es zu einem Patellaspitzensyndrom am Sprungbein, bei drei am Schwungbein.

Bei zehn Athleten traten nach Beendigung der Hochleistungsphase rezidivierende Rückenbeschwerden mit Blockierungen und Verspannungen auf, ein Fall wies einen ausgeprägten M. Bechterew, dessen Beginn bereits während der aktiven Phase diagnostiziert wurde, auf. Eine Spondylolisthese wurde nicht festgestellt.

Bei 20 (von 24) Stabhochspringern kam es während der Hochleistungssportphase zu Rückenbeschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule, die sich in den meisten Fällen als funktionelle Beschwerden im Sinne von muskulären Verspannungen, Blockaden im Bereich der LWS oder der Iliosakralgelenke darstellten. Bei 9 Athleten wurde eine Spondylolisthese (bei acht Athleten in Höhe L5/S1, bei einem in Höhe L4/5) diagnostiziert, die bei acht Athleten als Grund für dauerhafte Beschwerden angesehen wurde. Zwei der Athleten mit Spondylolisthese klagten nach Ende der Hochleistungsphase über Rückenbeschwerden, in der Gruppe ohne Spondylolisthese waren es 14 Athleten während und neun nach der Hochleistungsphase. Zerrungen und Muskelfaserrisse der Oberschenkelmuskulatur und Distorsionen mit Kapselbandverletzungen der Sprunggelenke mit Bevorzugung der Sprungbeinseite traten während der Hochleistungssportphase auf. Die rechte Schulter der Stabhochspringer, die das linke Bein als Sprungbein nutzten, wurde vermehrt belastet, Weichteilverletzungen im Sinne von Stauchungen und Sehnenverletzungen der Rotatorenmanschette traten ebenfalls auf.

Diskussion

Im Unterschied zu Weit-, Drei- und Stabhochspringern ist der Hochspringer nicht daran interessiert, ein Maximum an Horizontalgeschwindigkeit zu erzeugen, sondern ein Optimum, aus dem er den günstigsten Absprung vorbereiten kann (11). Maximale Anlaufgeschwindigkeiten von 7-8 m/sec werden von Weltklassehochspringern erreicht, wohingegen Weit- und Dreispringer (über 10 m/sec) und auch Stabhochspringer (9-10 m/sec) deutlich höhere Werte erzielen (9). Daher nehmen ausgesprochene

Sprintbelastungen bei Weit-, Drei- und Stabhochspringern einen höheren Stellenwert ein und werden intensiver trainiert. Wie sich aus unserer Studie ableiten lässt und andere Studien bestätigen (1), werden gerade bei Weit- und Dreispringern, aber auch bei Stabhochspringern häufiger Muskelverletzungen, d.h. Zerrungen und Muskelfaserrisse gerade an der Oberschenkelbeugeseite und hier insbesondere am Muskel-Sehnen-Übergang, festgestellt (4). Auch wenn für viele Athleten eine solche Verletzung in der Hauptwettkampfphase eine Beendigung der Wettkampfsaison bedeutet, so sind dauerhafte Einschränkungen oder Spätschäden nicht festzustellen. Nach Beendigung der Hochleistungsphase treten derartige Verletzungen in den Hintergrund und kommen nur noch bei ausgesprochen ungewohnten Belastungen vor.

Ähnlich verhält es sich mit Kniegelenksproblemen während der Hochleistungsphase. In allen leichtathletischen Sprungsportarten wird das Sprungbein im Vergleich zum Schwungbein mehr belastet, auch wenn in Trainingsplänen der Versuch unternommen wird, den Athleten einigermaßen ausgeglichen beidbeinig zu belasten. Gerade die entzündlichen Veränderungen an der Patellasehne, am häufigsten am distalen Patellapol festgestellt, treten am Sprungbein deutlich gehäuft auf und sind als Überlastungsreaktion anzusehen (6, 7). Diese Veränderungen, die auch als „Jumper's Knee“ bezeichnet werden, zeigen bei vielen Athleten einen manchmal über viele Monate andauernden chronischen Verlauf und waren in unserem Kollektiv Hauptursache für eine operative Intervention. Nach Beendigung der Hochleistungsphase kommen diese Überlastungsreaktionen zur Ruhe und scheinen keine Spätschäden zu hinterlassen.

Während Weit-, Drei- und Stabhochspringer geradlinige Bewegungsabläufe in ihrer Anlaufphase absolvieren, nähert sich der Hochspringer als Flopspringer der Latte in einem Kurvenlauf. Zusätzliche rotatorische Krafteinflüsse wirken insbesondere auf das Sprungbein ein und können dazu führen, dass Meniskus- und Kapselverletzungen bei dieser Athletengruppe eher häufiger auftreten. Auch das gehäufte Auftreten von Stressfrakturen am Sprungfuß und zwei Achillessehnenrupturen der Sprungbeine konnten bei Hochspringern beobachtet werden, die gegebenenfalls auch Ausdruck einer verstärkten, nicht geradlinigen Belastung sein könnten (2, 10, 13). Inwieweit tatsächlich Knorpelschädigungen aus dem Hochleistungstraining resultieren, kann in unserer Studie nicht nachgewiesen werden. Viele Faktoren (berufliche Belastung, Konstitution, Nebenerkrankungen, Medikamenteneinnahme, Ernährung, genetische Disposition) können hier einen zusätzlichen Einfluss spielen. Es ist jedoch auffällig, dass gerade Kniebeschwerden, eher am Sprungbein, aber auch am Schwungbein, nach Beendigung der Hochleistungsphase bei den ehemaligen Athleten im Vordergrund der Beschwerden stehen.

Akute Verletzungen der Sprunggelenke als Distorsionen oder Kapselbandverletzungen finden sich bei allen Sprungdisziplinen gehäuft am Sprungbein. Gerade bei den Hochspringern ist dieser Unterschied zum Schwungbein am ausgeprägtesten. Eigene Untersuchungen konnten aber zeigen,

Tabelle 2: Verletzungen und Beschwerden während und nach der Hochleistungssportphase bei ehemaligen Hoch-, Weit- und Dreispringern und Stabhochspringern (Mehrfachnennungen möglich). HLS=Hochleistungs-sportphase

	Hoch n = 40		Weit/Dreisprung n = 29		Stab n = 24	
	Während HLS	Nach HLS	Während HLS	Nach HLS	Während HLS	Nach HLS
Schulter links	2	6	1	5	1	6
Schulter rechts	1	5	0	4	7	6
Ellenbogen links	2	0	1	0	3	2
Ellenbogen rechts	0	2	0	1	2	0
Brust	3	3	1	0	1	0
HWS	5	10	1	5	4	5
BWS	4	10	2	3	3	2
LWS	22	22	10	12	20	10
Becken	6	3	3	1	3	3
Hüfte Schwungbein	1	1	1	1	1	5
Hüfte Sprungbein	5	3	2	2	2	4
Oberschenkel Schwungbein	5	1	18	2	9	0
Oberschenkel Sprungbein	13	2	20	1	13	0
Knie Schwungbein	6	9	7	7	8	6
Knie Sprungbein	26	15	11	12	10	12
Unterschenkel Schwungbein	6	3	3	1	2	1
Unterschenkel Sprungbein	11	4	4	3	3	1
Sprunggelenk Schwungbein	14	5	12	3	6	3
Sprunggelenk Sprungbein	32	8	16	5	10	3
Fuß Schwungbein	5	6	9	4	5	3
Fuß Sprungbein	12	5	8	5	8	2

dass mehr als zehn Jahre nach Beendigung der Hochleistungsphase radiologisch keine signifikanten Unterschiede zwischen Sprung- und Schwungbein bestehen, klinisch eher Beschwerden der Sprungbeinseite dominieren, sich insgesamt im Vergleich zu einer alters- und body massgematchten Gruppe von Nicht-Athleten keine signifikanten Unterschiede feststellen lassen (16).

Verletzungen der oberen Extremität treten beim leichtathletischen Sprungdisziplinen mit Ausnahme der Stabhochspringer nur sehr selten auf. Beim Stabhochsprung können insbesondere in der Phase des Einstichs in den Einstichkasten Verletzungen der oberen Extremität resultieren. Gerade das sog. „Unterlaufen“ provoziert durch Überdehnung der Weichteile Verletzungen der rechten Schulter des Linksspringers. Stauchende Belastungen können beim Linkspringer Ellenbogen und Schulter des linken Armes schädigen. Inwieweit durch dauerhafte Belastungen Spätschäden hervorgerufen werden können, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Auffallend ist jedoch, dass auch nach Beendigung der Hochleistungsphase bei Stabhochspringern Schulterbeschwerden an beiden Schultern auftreten.

Rückenbeschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule dominieren bei Stabhochspringern während der aktiven Phase. Die für die optimale Ausführung erforderliche Hyperextension im Bereich der Lendenwirbelsäule, die häufig durch das sog. „Unterlaufen“ ruckartig verstärkt werden kann und bedingt durch die Armhaltung mit einer leichten Rotation kombiniert wird, scheint die Lendenwirbelsäule in einem besonderen Maße zu belasten. Wie bereits in Untersuchungen von Theiss an Kaderspringern gezeigt werden konnte, resultieren im Wachstumsalter bei Stabhochspringern Spondylolistheseraten von fast 40 % im Bereich der unteren Lendenwirbelsäule (18). Diese Werte konnten in unserer Studie bestätigt werden. Aufgrund der Instabilitäten führen diese sportartspezifischen Belastungen auch während der weiteren Hochleistungsphase gehäuft bei Athleten mit

dem Vorliegen eine Spondylolisthese zu klinischen Beschwerden, nach Beendigung der Hochleistungsphase unterscheiden sich die Athleten mit und ohne Spondylolisthese in ihrer klinischen Beschwerdehaftigkeit nicht voneinander. Dass Hochleistungssportler nach Beendigung ihrer Karriere trotz Vorhandensein degenerativer Veränderungen mit oder ohne Vorliegen einer Spondylolisthese im Vergleich zu Nichtsportlern eher weniger über Rückenbeschwerden klagen, konnte an anderer Stelle bereits gezeigt werden (7, 15). Eine geringere Rate an Spondylolisthesen liefern Hochspringer, bei denen eine Hyperextension kombiniert mit Rotation bei der Lattenüberquerung erforderlich wird. Weit- und Dreispringer werden bei ihrer

sportartspezifischen Betätigung eher geradlinig belastet, Spondylolisthesen traten in unserem Kollektiv nicht auf.

Wie bereits in Untersuchungen an Speerwerfern dokumentiert (15), erfolgt die Einteilung der Spondylolisthese in üblicher Weise nach Meyerding. Zur Beurteilung der Prognose, insbesondere der Gefahr des weiteren Abgleitens, können verschiedene Parameter herangezogen werden: die sakrale Inklination (Abweichung des Sakrums zur Vertikalen), der lumbale Index (Verhältnis Höhe Hinterkante zu Vorderkante des Wirbelkörpers) und der sakrale Winkel (Winkel zwischen Deckplatte des unteren Wirbelkörpers zur Horizontalen). Je größer die sakrale Inklination, je kleiner der lumbale Index und je größer der sakrale Winkel ist, desto höher ist das Risiko eines weiteren Abgleitens (14).

Abschließend muss bemerkt werden, dass die Zuverlässigkeit der retrospektiv erhobenen Daten die Ergebnisse einschränkt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass alle Athletengruppen in ähnlicher Weise hiervon betroffen sind und somit vergleichende Beurteilungen zulässig sind.

Aufgrund der unterschiedlichen sportartspezifischen Belastungen sind Verletzungen und Überlastungsschäden in leichtathletischen Sprungdisziplinen sicherlich nicht komplett zu vermeiden. Unter der Vorstellung, dass eine gute muskuläre Stabilisierung die Belastungen auf Gelenke reduziert, sollte die Kenntnis über Problemzonen verletzungs-trächtiger Bereiche dazu führen, dass in Absprache mit Trainer, Athlet und Sportmediziner Trainingspläne erstellt werden, die diesen Anforderungen gerecht werden. Auch wenn wissenschaftliche Untersuchungen zur Prävention von Verletzungen über die hier präsentierten Disziplinen nicht existieren, so finden sich Hinweise, dass insbesondere neuromuskuläres und propriozeptives Training die Verletzungshäufigkeit bei Kniegelenksverletzungen reduziert (17). Stabilisierende Maßnahmen im Bereich der Rumpfmuskulatur und der beckenübergreifenden Muskelgruppen haben ebenfalls eine wesentliche Bedeutung in der Prävention von

Verletzungen der unteren Extremität (12). Widersprüchliche Ergebnisse sind in Studien über die Bedeutung des Dehnens vor Belastungen zur Prävention von Verletzungen vorhanden. Gerade bei Sprungbelastungen mit hoher Intensität scheint eine Vorbereitung der Muskel-Sehnen-Einheit durch Dehnen einen präventiven Effekt zu haben, wobei individuelle Unterschiede eine allgemeingültige Aussage nicht möglich machen (19). Darüber hinaus sollte durch sportorthopädische Untersuchungen vor Aufnahme des Leistungstrainings sichergestellt werden, dass gerade in den verletzungsgefährdeten Bereichen nicht noch Fehlanlagen vorhanden sind, die ein zusätzliches Risiko darstellen können (3).

Literatur

1. Bennell KL, Crossley K: Musculoskeletal injuries in track and field: incidence, distribution and risk factors. *Aust J Sci Med Sport* 28 (1996) 69-75.
2. Bennell KL, Malcolm SA, Thomas SA, Reid SJ, Brukner PD, Ebeling PR, Wark JD: Risk factors for stress fractures in track and field athletes. A twelve-month prospective study. *Am J Sports Med* 24 (1996) 810-818.
3. Birnesser H, Boschert HP, Eckardt R, Gösele A, Horstmann T, Mayer F, Schmitt H: Die orthopädische Untersuchung in der Sportmedizin. Hoffmann, Schorndorf, 2001.
4. Clanton TO, Coupe KJ: Hamstring strains in athletes: diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 6 (1998) 237-248.
5. Dapena J, McDonald C, Cappaert J: A regression analysis of high jumping technique. *Int J of Sport Biomech* 6 (1990) 246-260.
6. Ferretti A: Epidemiology of jumper's knee. *Sports Med* 3 (1986) 289-295.
7. Friedberg U, Bolvig L: Jumper's knee. Review of the literature. *Scand J Med Sci Sports* 9 (1999) 66-73.
8. Goertzen M, Zinser W: Langzeitanalyse der Prävalenz und „Life-time“-Inzidenz von Wirbelsäulenbeschwerden nach Beendigung des Hochleistungssports. *Dtsch Z Sportmed* 49 (1998) 9-17.
9. Jacoby E, Fraley B: Complete book of jumps. Human Kinetics, Champaign, 1995.
10. Kannus P, Natri A: Etiology and pathophysiology of tendon ruptures in sports. *Scand J Med Sci Sports* 7 (1997) 107-112.
11. Killing W: Gekonnt nach oben - vom Anfänger zum Spitzenkünstler im Hochsprung. Philippka, Münster, 1995.
12. Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM: Core stability measures as risk factors for lower extremity injuries in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 36 (2004) 926-934.
13. Orava S, Taimela S, Kvist M, Karpakka J, Hulkko A, Kujala U: Diagnosis and treatment of stress fractures of the patella in athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 4 (1996) 206-211.
14. Saraste H: Long-term clinical and radiological follow-up of spondylolysis and spondylolisthesis. *J Pediatr Orthop* 7 (1987) 631-638.
15. Schmitt H, Brocai DRC, Carstens C: Long-term review of the lumbar spine in javelin throwers. *J Bone Joint Surg* 83 (2001) 324-327.
16. Schmitt H, Lemke JM, Brocai DRC, Parsch D: Degenerative changes in the ankle in former elite high jumpers. *Clin J Sport Med* 13 (2003) 6-10.
17. Thacker SB, Stroup DF, Branche CM, Gilchrist J, Goodman RA, Porter Kelling E: Prevention of knee injuries in sports. A systematic review of the literature. *J Sports Med Phys Fitness* 43 (2003) 165-179.
18. Theiss F: Typische Verletzungen bei Stabhochspringern unter besonderer Berücksichtigung der Lendenwirbelsäule. *Dtsch Z Sportmed* 31 (1980) 161-172.
19. Witvrouw E, Mathieu N, Danneels L, McNair P: Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Med* 34 (2004) 443-449.

Korrespondenzadresse:

PD Dr. med. Holger Schmitt

Bereich Sportorthopädie

Stiftung Orthopädische Universitätsklinik Heidelberg

Schlierbacher Landstr. 200a

69118 Heidelberg

E-mail: holger.schmitt@ok.uni-heidelberg.de