

Zech A<sup>1</sup>, Hübscher M<sup>2</sup>

# Sensomotorisches Training zur Prävention von Sprunggelenksverletzungen

## *Sensorimotor Training for Prevention of Ankle Sprain*

<sup>1</sup>Fachbereich Bewegungswissenschaft, Universität Hamburg

<sup>2</sup>Faculty of Health Sciences, The University of Sydney, Australien

### ZUSAMMENFASSUNG

Distorsionen des Sprunggelenks mit Verletzungen der lateralen Bandstrukturen zählen zu den häufigsten und komplikationsreichsten Sportverletzungen. Der Verletzungsprävention kommt deshalb aus medizinischer und sozioökonomischer Sicht besondere Bedeutung zu. Erfolgreiche präventive Strategien müssen dabei an den wichtigsten Risikofaktoren ansetzen. Insbesondere eine frühere Verletzung und damit einhergehende Störungen der sensomotorischen Kontrolle erhöhen das Risiko für weitere Verletzungen, chronische Schmerzen und/oder Gelenkinstabilitäten. Im Rahmen der primären Prävention und Rezidivprophylaxe betonen deshalb zahlreiche Autoren die Notwendigkeit sensomotorischer Trainingsprogramme. Ziel der Übersichtsarbeit ist es, die aktuelle Evidenz zur Wirksamkeit sensomotorischen Trainings in der primären und sekundären Prävention von Sprunggelenksverletzungen darzustellen. Anhand der Ergebnisse systematischer Übersichten und Meta-Analysen kann von einer 36% igen Reduktion des Verletzungsrisikos durch Balancetraining und einer 50% igen Reduktion durch kombinierte Programme (z.B. Balance-, Kraft-, Sprungtraining) ausgegangen werden. Differenziertere Aussagen zur Wirksamkeit im Rahmen der primären bzw. sekundären Prävention sind aufgrund unzureichender Berichterstattung in den vorliegenden Publikationen nur bedingt möglich. Anzunehmen ist ein stärkerer präventiver Effekt bei Personen mit früherer Verletzung. Weiterführende Studien sollten die Alltagswirksamkeit des sensomotorischen Trainings in der Sportpraxis unter Berücksichtigung von Aspekten der Compliance oder Adhärenz sowie mögliche Dosis-Wirkungszusammenhänge prüfen.

**Schlüsselwörter:** Sprunggelenksverletzungen, sensomotorisches Training, Verletzungsprävention, neuromuskuläres Training, propriozeptives Training.

### EINLEITUNG

Distorsionen des Sprunggelenks mit Verletzungen der lateralen Bandstrukturen zählen zu den häufigsten und komplikationsreichsten Sportverletzungen (7,15). In einigen Sportarten wie z.B. Fußball oder Volleyball betreffen ca. 40-50% aller Verletzungen das Sprunggelenk (16). Da derartige Verletzungen nicht selten zu chronischen Schmerzen, andauernden Funktionseinschränkungen und somit zu mittel- und langfristigen Sportausfällen führen, kommt der Verletzungsprophylaxe aus sportmedizinischer, trainingswissenschaftlicher und sozioökonomischer Sicht besondere Bedeutung zu. Präventive Strategien mit Aussicht auf Erfolg müssen dabei an den wichtigsten Risikofaktoren ansetzen. Insbesondere eine

### SUMMARY

Ankle sprains represent the most common and severe injury type in many sports. Thus, from a public health perspective, a primary goal is to prevent these injuries. Preventive measures should be designed to target the most important risk factors of injury. Previous research has demonstrated that a previous ankle sprain and associated disturbances in sensorimotor joint control increase the risk of further injury, chronic pain and/or instability. Thus, training programs aimed at enhancing sensorimotor control are often recommended for prevention. The goal of the present article was to outline the current evidence base for sensorimotor training in the primary and secondary prevention of ankle sprains. Previous systematic reviews and meta-analyses showed that balance training alone was efficacious in reducing the incidence of ankle sprain injuries by 36%. Multi-intervention training (e.g. balance training, strength training, plyometrics) was effective in reducing the injury risk by 50%. Evidence suggests that sensorimotor training is more effective in athletes with a history of injury than in those without. Considering compliance or adherence behaviors, future research should focus on the effectiveness of sensorimotor training in real-world sports. Furthermore, the dose-response relationship between sensorimotor training and ankle sprain injuries remains to be further elucidated.

**Key words:** Ankle sprain, sensorimotor training, injury prevention, neuromuscular training, proprioceptive training.

frühere Verletzung und damit einhergehende Störungen der sensomotorischen Gelenkkontrolle erhöhen das Risiko für weitere Verletzungen, chronische Schmerzen und/oder Gelenkinstabilitäten deutlich. Im Rahmen der primären Prävention und Rezidivprophylaxe betonen deshalb zahlreiche Autoren die Notwendigkeit spezifischer Trainingsprogramme (1). Die angewandten Übungsformen und -inhalte sind in Literatur und Praxis unter den Bezeichnungen

accepted: November 2011

published online: February 2012

DOI: 10.5960/dzsm.2011.060

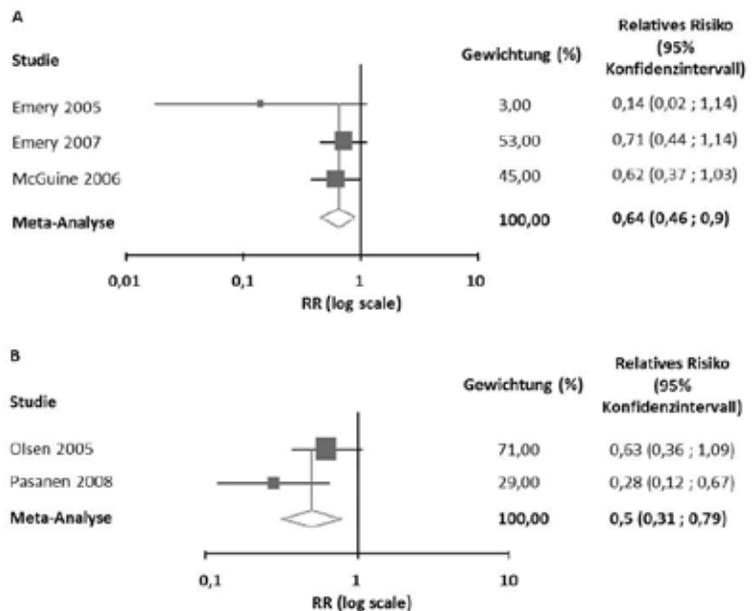
Zech A, Hübscher M: Sensomotorisches Training zur Prävention von Sprunggelenksverletzungen. Dtsch Z Sportmed 63 (2012) 5-8.

des sensomotorischen, propriozeptiven oder auch neuromuskulären Trainings zu finden. Die unterschiedlichen Begriffe und Definitionen ergeben sich wahrscheinlich aufgrund verschiedener theoretischer Konzepte zu den physiologischen Mechanismen und Wirkungen des Trainings und den dabei beanspruchten anatomischen Strukturen. Der Begriff des propriozeptiven Trainings impliziert beispielsweise, dass die Beanspruchung propriozeptiver Strukturen in einer Verbesserung der propriozeptiven Wahrnehmung resultieren können. Dennoch werden die verschiedenen Begriffe oftmals synonym für vergleichbare Trainingsprogramme verwendet. Hinzu kommt, dass sowohl die in der Literatur beschriebenen als auch die in der Praxis angewandten Übungen eine hohe Variationsbreite aufweisen. Während einerseits allein Balanceübungen auf stabilen und instabilen Unterlagen beschrieben werden (9), finden sich andererseits kombinierte Programme mit beispielsweise Balancehalten, Krafttraining, Sprungübungen, Bewegungen mit schnellen Richtungswechseln oder auch sportartspezifische Übungen (12).

Zur besseren Lesbarkeit werden nachfolgend alle Interventionsprogramme mit entsprechenden Übungsinhalten unter dem Begriff des sensomotorischen Trainings zusammengefasst. Risberg et al. (14) definieren sensomotorische Interventionen als "Training enhancing unconscious motor responses by stimulating both afferent signals and central mechanism responsible for dynamic joint control". Obwohl dies nur einer in einer Reihe von Definitionsansätzen ist, verdeutlicht er exemplarisch die weit verbreitete Annahme, dass Prozesse der Gelenkstabilisierung und -kontrolle wesentliche Merkmale des sensomotorischen Trainings darstellen. Grundlage für die Hypothese, dass das Risiko für Sprunggelenksverletzungen und Mechanismen der sensomotorischen Kontrolle zusammenhängen, bilden vor allem Studien, die auf propriozeptive Defizite (Gelenkstellungssinn, Bewegungssinn), Einschränkungen der posturalen Kontrolle sowie anhaltende muskuläre und funktionale Defizite bei Patienten mit einer akuten oder chronischen Sprunggelenksinstabilität hinweisen (3,11). Es ist anzunehmen, dass die verletzungsbedingten Störungen der sensomotorischen Kontrolle das in der Literatur beschriebene 2-5 fache erhöhte Rezidivrisiko erklären (16). Auch McGuine et al. (8), Plisky et al. (13) und Meeuwisse et al. (10) weisen darauf hin, dass sensomotorische Einschränkungen wie z.B. eine geringere Standstabilität einen wichtigen intrinsischen Risikofaktor für Sprunggelenksverletzungen darstellen. Das designierte Ziel verletzungspräventiver Programme ist daher, die sensomotorische (Gelenk-) Kontrolle zu verbessern bzw. wiederherzustellen, um somit das Verletzungsrisiko zu reduzieren.

### WIRKSAMKEIT SENSOMOTORISCHEN TRAININGS IN DER PRÄVENTION VON SPRUNGGELENKSVERLETZUNGEN

Mit dem Ziel der Wirksamkeitsprüfung sensomotorischer Trainingsmaßnahmen zur Prävention von Sportverletzungen führten Hübscher et al. (4) ein systematisches Review mit meta-analy-



**Abbildung 1:** Effekte eines A) Balancetrainings und B) Multiinterventionstrainings auf das relative Risiko von Sprunggelenksdistorsionen (modifiziert nach Hübscher et al 2010, RR = Relatives Risiko).

tischer Datenauswertung von randomisiert-kontrollierten bzw. kontrollierten Studien durch. Zur Bewertung der Evidenz wurde die methodische Qualität der Studien als Einschlusskriterium berücksichtigt und zwischen alleinigen Balancetraining und Multiinterventionsprogrammen unterschieden. Nach systematischer Literaturrecherche, Studienselktion und methodischer Bewertung mit Hilfe der von van Tulder et al. (17) publizierten Qualitätskriterien wurden sieben Studien für die Metaanalyse berücksichtigt. In diesen Studien wurden durchschnittlich 1078 (minimal 114, maximal 2020) Athleten zwischen 12 und 24 Jahren aus verschiedenen Sportarten (Basketball, Volleyball, Fußball, Handball, Hockey, Floorball) eingeschlossen. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl Balancetraining als auch Multiinterventionsprogramme effektiv sind, um Sprunggelenksverletzungen zu vermeiden. So konnte mit Hilfe der Meta-Analyse eine relative Risikoreduktion um 36% (Konfidenzintervall: 10-54%) durch alleiniges Balancetraining und um 50% (Konfidenzintervall: 21-69%) infolge der Multiinterventionsprogramme festgestellt werden (Abb.1). Auf Basis der Ergebnisse kann geschlossen werden, dass Multiinterventionsprogramme, die sich aus einer Kombination von Balancetraining mit Gewandtheits-, Stretching-, plyometrischen, kräftigenden oder Laufübungen zusammensetzen, hinsichtlich der Prävention von Sprunggelenksverletzungen effektiver zu sein scheinen als alleiniges Balancetraining. Eine systematische Überprüfung der relativen Wirksamkeit einzelner Trainingskomponenten im Rahmen vergleichender Studien steht allerdings noch aus. Problematisch hinsichtlich der Ergebnisinterpretation und der Ableitung von Handlungsempfehlungen ist auch, dass die Belastungsdosierung zwischen den Studien zum Teil deutlich variierte und sich kaum Studien mit vergleichbarer Trainingsgestaltung finden lassen. So lag die Gesamtdauer der Programme zwischen 3 und 12 Monaten bei einer Trainingsfrequenz von 1 bis 7-mal pro Woche und einer Dauer von 10-20 Minuten pro Trainingseinheit. In der überwiegenden Zahl an eingeschlossenen Studien (N=4) wurde das sensomotorische Training ausschließlich während der Spielsaison

durchgeführt, während in zwei Studien sowohl in der Vorbereitungsphase als auch in der Spielsaison trainiert wurde. In einer Studie wurde das Training hingegen während und nach der Spielsaison durchgeführt. Darüber hinaus lagen keine systematischen Dosis-Wirkungs-Analysen vor, die evidenzbasierte Aussagen über die Gestaltung der Belastungsnormativa zulassen würden.

Differenziertere Aussagen zur Wirksamkeit des sensomotorischen Trainings im Rahmen der primären bzw. sekundären Prävention sind aufgrund diesbezüglich unzureichender Berichterstattung bzw. fehlender Subgruppenanalysen der vorliegenden Publikationen nur bedingt möglich. McGuine und Kollegen (9) fanden ausschließlich eine Tendenz zur Prävention der Erstinzidenz von Sprunggelenksverletzungen. Hingegen konnte in aktuellen systematischen Reviews eine Reduktion des Rezidivrisikos von 60-85% aufgezeigt werden (19,20). Die Bedeutung dieser Ergebnisse ergibt sich vor dem Hintergrund, dass frühere Verletzungen, neben demografischen Faktoren und Ermüdungszuständen, ein erhebliches Risikopotential für das Auftreten von Sprunggelenksdistorsionen darstellen (10,16). Selbst mehrere Monate oder Jahre nach Wiedereinstieg in den Trainings- und Wettkampfprozess lassen sich bei betroffenen Sportlern funktionale und muskuläre Defizite finden (18), die als Ursache für langanhaltende Leistungsdefizite und erhöhtes Wiederverletzungsrisiko angesehen werden (2).

### HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DAS SENSOMOTORISCHE TRAINING

Wie bereits oben erwähnt, lassen sich hinsichtlich der Gestaltung des sensomotorischen Trainings nur wenige evidenzbasierte Handlungsempfehlungen ableiten. Bisher liegen keine Untersuchungen vor, die die Wirkung unterschiedlicher Belastungsdosierungen systematisch überprüft haben. Auf Basis der systematischen Übersichtsarbeiten kann allerdings davon ausgegangen werden, dass Sprunggelenksverletzungen sowohl durch alleinige Balanceübungen als auch durch Multiinterventionsprogramme reduziert werden können. Dabei ist ein stärkerer präventiver Effekt für Personen mit früherer Verletzung anzunehmen (19). Im Hinblick auf die Auswahl der Trainingsformen empfiehlt sich aufgrund der vergleichsweise höheren Risikoreduktion die Anwendung von Multiinterventionsprogrammen. Zentrale Inhalte sind Balance- oder stabilisierende Übungen, die in der Regel mit kräftigenden, plyometrischen oder auch Gewandtheitsübungen kombiniert werden. Um die Anforderungen an die posturale Kontrolle zu erhöhen, werden die Übungen auf instabilen Unterlagen (Wackelbretter, Weichmatten usw.) und mit Zusatzaufgaben (z.B. Ball werfen und fangen) oder Perturbation (z.B. leichtes Stoßen) durchgeführt. Das Training sollte mindestens zweimal pro Woche für mehr als 10 Minuten durchgeführt werden. Als wirksam erwiesen haben sich Trainingsprogramme mit einer Gesamtdauer von mindestens 3 Monaten. Gestützt wird diese Annahme durch Ergebnisse einer Meta-Analyse (21) zur Effektivität von Balancetraining für die Verbesserung der sensomotorischen Kontrolle und der Leistungsfähigkeit bei gesunden Sportlern. Im Hinblick auf die posturale Kontrolle zeigten Studien mit einer Interventionsdauer von 3 Monaten größere Effektstärken im Vergleich zu Studien mit kürzerer Dauer (4-6 Wochen). Für genauere Erkenntnisse sind jedoch randomisiert kontrollierte Dosis-Wirkungs-Studien unter Verwendung unterschiedlicher Trainingsfrequenzen und Gesamtdauer notwendig.

### IMPLEMENTIERUNG UND KOSTEN-NUTZEN-EFFEKTE

Nicht zuletzt bedingt durch die vorangehend genannte, gute Evidenzbasierung der Wirksamkeit sensomotorischer Interventionen unter kontrollierten Bedingungen, lassen sich zunehmend entsprechende Trainingsprogramme in Spilsportarten wie Fußball oder Handball finden. Ein gutes Beispiel für die Aktualität sensomotorischen Trainings im Rahmen der Verletzungsprävention ist das von einer internationalen Expertengruppe entwickelte und wissenschaftlich evaluierte „11+“ Aufwärmprogramm im Fußball. Mit dem Ziel der Vermeidung von Verletzungen der unteren Extremität finden sich hier kräftigende und gelenkstabilisierende Übungen, die innerhalb von 20 Minuten ohne großen Materialaufwand durchgeführt werden können. Eine erste flächendeckende Implementierung des „11+“ Programms fand im Amateurfußball der Schweiz statt (6): 57% der ausgewählten und geschulten Trainer (N=5549) des schweizerischen Fußballverbandes setzten das Verletzungspräventionsprogramm im Rahmen ihrer Trainingseinheiten zufriedenstellend um. Retrospektiv (Untersuchungszeitraum 4 Wochen) zeigte sich eine signifikante Effekt des „11+“ Programms auf die Inzidenz aller Verletzungen, die während eines Matches (-11,5%) oder Trainings (-25,3%) auftraten. Auch die Inzidenz von Sprunggelenksverletzungen war, wenn auch statistisch nicht signifikant, in der „11+“-Gruppe geringer (Match: -4,0%; Training: -17,6%). Die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf andere Sportarten bleibt, insbesondere unter den Aspekten der Compliance oder Adhärenz, bisweilen unklar.

Zur umfassenden Beurteilung des präventiven Nutzens sensomotorischen Trainings im Hinblick auf Sprunggelenksverletzungen spielt, neben der Wirksamkeit unter kontrollierten Bedingungen (efficacy) und der Alltagswirksamkeit (effectiveness), ebenso das Kosten-Effektivitätsverhältnis eine wichtige Rolle. Untersuchungen von Hupperets und Koautoren (5) zeigen, dass die Anwendung sensomotorischer Übungsinhalte nicht nur verletzungspräventiv wirksam ist, sondern sich auch kosten-effektiv hinsichtlich der Sekundärprävention von Sprunggelenksdistorsionen auswirkt. Die Gesamtkosten pro Athlet und insbesondere pro verletztem Athleten waren in der Interventionsgruppe (Standardtherapie plus sensomotorisches Training) infolge einer achtwöchigen Trainingsintervention signifikant geringer als in der Kontrollgruppe (alleinige Standardtherapie).

### AUSBLICK

Auf Basis des derzeitigen Forschungsstandes kann von einer starken Evidenz für die Wirksamkeit des sensomotorischen Trainings, zumindest unter kontrollierten Bedingungen, zur Reduktion des Risikos von Sprunggelenksverletzungen ausgegangen werden. Allerdings verbleiben insbesondere hinsichtlich der Gestaltung und der Wirksamkeit des sensomotorischen Trainings unter Alltagsbedingungen Fragen, die im Rahmen zukünftiger Forschung zu untersuchen sind. Diese betreffen die Auswahl adäquater Übungsinhalte, Möglichkeiten und Grenzen der praktischen Implementierung, die Klärung von Wirkmechanismen sowie die Gestaltung der Belastungsnormativa auf Basis von Dosis-Wirkungs-Effekten.

*Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: Keine.*

## LITERATUR

1. AALTONEN S, KARJALAINEN H, HEINONEN A, PARKKARI J, KUJALA UM: Prevention of sports injuries: systematic review of randomized controlled trials. *Arch Intern Med* 167 (2007) 1585-1592. doi:10.1001/archinte.167.15.1585.
2. DE NORONHA M, REFSHAUGE KM, HERBERT RD, KILBREATH SL, HERTEL J: Do voluntary strength, proprioception, range of motion, or postural sway predict occurrence of lateral ankle sprain? *Br J Sports Med* 40 (2006) 824-828.
3. HERTEL J: Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. *Clin Sports Med* 27 (2008) 353-370. doi:10.1016/j.csm.2008.03.006.
4. HÜBSCHER M, ZECH A, VOGT L, PFEIFER K, HÄNSEL F, BANZER W: Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc* 42 (2010) 413-421. doi:10.1249/MSS.0b013e3181b88d37.
5. HUPPERETS MD, VERHAGEN EA, HEYMANS MW, BOSMANS JE, VAN TULDER MW, VAN MECHELEN W: Potential savings of a program to prevent ankle sprain recurrence: economic evaluation of a randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 38 (2010) 2194-2200. doi:10.1177/0363546510373470.
6. JUNGE A, LAMPRECHT M, STAMM H, HASLER H, BIZZINI M, TSCHOPP M, REUTER H, WYSS H, CHILVERS C, DVORAK J: Countrywide Campaign to Prevent Soccer Injuries in Swiss Amateur Players. *Am J Sports Med* 39 (2011) 57-63. doi:10.1177/0363546510377424.
7. LAMBERS K, OOTES D, RING D: Incidence of Patients with Lower Extremity Injuries Presenting to US Emergency Departments by Anatomic Region, Disease Category, and Age. *Clin Orthop Relat Res*. 2011 [Epub ahead of print].
8. MCGUINE TA, GREENE JJ, BEST T, LEVERSON G: Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clin J Sport Med* 10 (2000) 239-244. doi:10.1097/00042752-200010000-00003.
9. MCGUINE TA, KEENE JS: The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *Am J Sports Med* 34 (2006) 1103-1111. doi:10.1177/0363546505284191.
10. MEEUWISSE WH, TYREMAN H, HAGEL B, EMERY C: A dynamic model of etiology in sport injury: the recursive nature of risk and causation. *Clin J Sport Med* 17 (2007) 215-219. doi:10.1097/JSM.0b013e3180592a48.
11. MUNN J, SULLIVAN SJ, SCHNEIDERS AG: Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: a systematic review with meta-analysis. *J Sci Med Sport* 13 (2010) 2-12. doi:10.1016/j.jsams.2009.03.004.
12. OLSEN OE, MYKLEBUST G, ENGBRETSSEN L, HOLME I, BAHR R: Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ* 330 (2005) 449. doi:10.1136/bmj.38330.632801.8F.
13. PLISKY PJ, RAUH MJ, KAMINSKI TW, UNDERWOOD FB: Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther* 36 (2006) 911-919. doi:10.2519/jospt.2006.2244.
14. RISBERG MA, MØRK M, JENSSEN HK, HOLM I: Design and implementation of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 31 (2001) 620-631.
15. SCHNEIDER S, SEITHER B, TÖNGES S, SCHMITT H: Sports injuries: population based representative data on incidence, diagnosis, sequelae, and high risk groups. *Br J Sports Med* 40 (2006) 334-339. doi:10.1136/bjism.2005.022889.
16. STEFFEN K, ANDERSEN TE, KROSSHAUG T, VAN MECHELEN W, MYKLEBUST G, VERHAGEN EA, BAHR R: ECSS Position Statement 2009: Prevention of acute sports injuries. *Eur J Sport Sci* 10 (2010) 223-236. doi:10.1080/17461390903585173.
17. VAN TULDER M, FURLAN A, BOMBARDIER C, BOUTER L: Updated Method Guidelines for Systematic Reviews in the Cochrane Collaboration Back Review Group. *Spine* 28 (2003) 1290-1299.
18. VERHAGEN RA, DE KEIZER G, VAN DIJK CN: Long-term follow-up of inversion trauma of the ankle. *Arch Orthop Trauma Surg* 114 (1995) 92-96. doi:10.1007/BF00422833.
19. VERHAGEN EA, BAY K: Optimising ankle sprain prevention: a critical review and practical appraisal of the literature. *Br J Sports Med* 44 (2010) 1082-1088. doi:10.1136/bjism.2010.076406.
20. ZECH A, HÜBSCHER M, VOGT L, BANZER W, HÄNSEL F, PFEIFER K: Neuromuscular training for rehabilitation of sports injuries. A systematic review. *Med Sci Sports Exerc* 41 (2009) 1831-1841. doi:10.1249/MSS.0b013e3181a3cf0d.
21. ZECH A, HÜBSCHER M, VOGT L, BANZER W, HÄNSEL F, PFEIFER K: Balance training for neuromuscular control and performance enhancement. A systematic review. *J Athl Train* 45 (2010) 392-403. doi:10.4085/1062-6050-45.4.392.

**Korrespondenzadresse:**

**Prof. Dr. Astrid Zech**

**Universität Hamburg**

**Fachbereich Bewegungswissenschaft**

**Mollerstraße 2**

**20148 Hamburg**

**E-Mail: astrid.zech@uni-hamburg.de**