

¹Hagen M, ²Böhm H, ³Brüggemann G-P

Das apparative Krafttraining der Dorsalflexoren zur Prävention von Shin Splints

Apparative dorsiflexor strength training for the prevention of shin splints

¹Biomechanik Labor, Sport- und Bewegungswissenschaften, Universität Duisburg-Essen²Fachbereich Sportgeräte und -materialien, Fakultät für Sportwissenschaft, Technische Universität München³Institut für Biomechanik und Orthopädie, Deutsche Sporthochschule Köln

Zusammenfassung

Problemstellung: Krafttraining der Supinatoren wird als mögliche Präventivmaßnahme gegen Überpronationsbeschwerden bei Läufern diskutiert (Feltner et al., 1994). Ziel dieser Studie war es herauszufinden, inwieweit ein apparatives Krafttraining der Dorsalflexoren die Rückfußbewegungen bei Fersenläufern beeinflusst, die an einem typischen Überpronationssyndrom leiden: chronischen Shin Splints.

Methoden: Die Experimentalgruppe (EG: n=8) absolvierte ein achtwöchiges apparatives Krafttraining der Dorsalflexoren, 7 Versuchspersonen dienten als Kontrollgruppe (KG). Bei Prä- und Posttest wurde die Maximalkraft (MVC) der Dorsalflexoren ermittelt sowie die Rückfußbewegung beim Barfußlaufen in der bevorzugten Jogginggeschwindigkeit mit einem Elektrogoniometer quantifiziert. Die Intensität der Schienbeinkantenschmerzen wurde auf einer visuellen Analogskala (VAS) gekennzeichnet.

Ergebnisse: Im Vergleich zur KG zeigte die EG einen hoch signifikanten Anstieg der MVC ($p < 0,01$) sowie die Reduktion des Pronationsmaximums auf ($p = 0,07$). Die VAS-Ergebnisse der EG lassen im Gegensatz zur KG eine signifikante Schmerzreduktion deutlich werden ($p < 0,05$).

Diskussion: Das apparative Krafttraining der Dorsalflexoren besitzt einen präventiven Effekt auf das Beschwerdebild bei Rückfußläufern mit Shin Splints. Es scheint, als könnte die gesteigerte Muskelkraft des M. tibialis anterior, der ebenfalls als Supinator arbeitet, eine aktive Pronationskontrolle herbeiführen. Apparatives Krafttraining der Dorsalflexoren könnte allgemein eine wirksame Strategie zur Prävention von Überpronationssyndromen sein.

Schlüsselwörter: Krafttraining, Dorsalflexoren, Shin Splints, Pronation, Prävention, Fersenlauf

Summary

Purpose: Feltner et al. (1994) predicted that supinator strength training could be an effective preventive strategy against injuries due to overpronation. Therefore the purpose of this study was to explore the effects of dorsiflexor strength training within a group of rearfoot runners that suffers from a typical overpronation syndrome: chronic shin splints.

Methods: The experimental group (n=8) completed an eight-week apparative dorsiflexor strength training (control: n=7). In Pre- and Posttest the MVC of the dorsiflexors was measured using an isokinetic dynamometer. During barefoot running in preferred velocity rearfoot motion was quantified using an electrogoniometer. The shin pain score was indicated on a visual analogic scale (VAS).

Results: In the experimental group the dorsiflexor MVC showed a significant high ($p < 0,01$) increase. The biomechanical analysis indicated a decrease in maximum pronation ($p = 0,07$) and the VAS-scores demonstrated a significant pain alleviation ($p < 0,05$). The results of the control group did not show any statistical trend.

Discussion: This study reveals the preventive effects of dorsiflexor strength training within shin splints patients. It might be possible that active control of subtalar joint motion by the stronger m. tibialis anterior, which acts also as an inverter, could have taken place. Apparative dorsiflexor strength training might be an effective preventive strategy against overpronation syndromes in general.

Keywords: strength training, dorsiflexors, shin splints, pronation, prevention, rearfoot running

che in erhöhten Zugkräften der in der Stützphase exzentrisch arbeitenden Supinatoren und deren Faszien, die in einer Insertionstendopathie respektive einem funktionellen Kompartmentsyndrom resultieren (1, 14, 19).

Thacker et al. (21) weisen darauf hin, dass eine wissenschaftlich nachgewiesene Prävention von Shin Splints bisher nur durch das Tragen von Neopren-Einlagen erreicht werden konnte (18). Feltner et al. (7) konnten zeigen, dass durch ein isokinetisches Krafttraining der Pro- und Supinatoren die Pronationsbewegung signifikant reduziert werden konnte. So stellt sich die Frage, ob eine aus gesteigerter Muskelkraft resultierende aktive Reduktion der Pronation eine potentielle Präventionsstrategie darstellen könnte.

Einleitung

Es wird vermutet, dass die Reduktion einer exzessiven Pronation das Risiko zur Entstehung von Überlastungsschäden beim Laufen verringert (3, 4, 12). Shin Splints, durch eine Periostitis bedingte Schmerzen an der medialen bzw. posteromedialen Schienbeinkante, sind ein Beispiel für ein solches Überpronationssyndrom (11, 23). Hinsichtlich der Pathophysiologie werden zum einen Stressreaktionen des Knochens auf einwirkende Torsionsmomente diskutiert (6, 16), die bei einer exzessiven Pronation durch eine erhöhte Innenrotation der Tibia induziert werden (10, 20). Andere Autoren sehen die Ursache

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Effekte eines apparativen Krafttrainings der Dorsalflexoren bei Rückfußläufern mit Shin Splints zu evaluieren. Es ist bekannt, dass der M. tibialis anterior sowohl Dorsalflexor als auch Supinator des Fußes ist (13). EMG-Studien zeigen, dass der Muskel in der frühen Stützphase des Laufens aktiv ist und vermutlich die Pronation kontrolliert (17). Folglich könnte eine Kräftigung des M. tibialis anterior ein übermäßiges Bewegungsausmaß des unteren Sprunggelenkes während der Stützphase reduzieren und somit einen präventiven Nutzen besitzen.

Material und Methoden

Personenstichprobe

Unter den Studenten an der Deutschen Sporthochschule Köln konnten 15 Fersnläufer (10 männliche und 5 weibliche; Alter: $22,6 \pm 2,0$ Jahre; Größe: 178 ± 10 cm; Gewicht: 74 ± 12 kg) rekrutiert werden. Alle Teilnehmer lit-

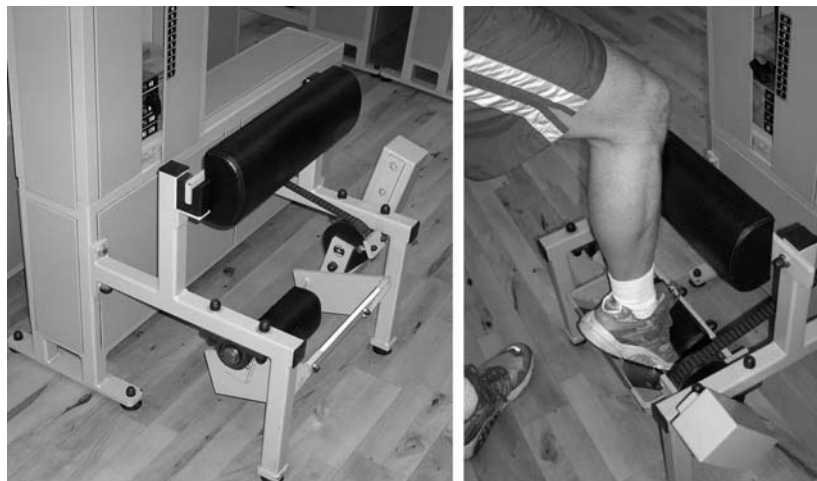


Abbildung 1: Trainingsmaschine (links) und Versuchsperson beim Krafttraining (rechts)

ten seit mehr als drei Monaten unter Shin-Splints, also Schmerzen an der medialen bzw. posteromedialen Tibiakante. Die Schmerzen waren bei elf Versuchspersonen beidseitig, bei drei einseitig links und bei einem Teilnehmer einseitig rechts lokalisiert. Bei Versuchspersonen mit einseitiger Schmerzsymptomatik wurde die betroffene untere Extremität getestet, bei denjenigen mit beidseitigen Beschwerden wurde randomisiert ein Bein ausgewählt. Vor und nach der achtwöchigen Intervention wurde dasselbe Bein untersucht.

Intervention: Krafttraining der Dorsalflexoren

Insgesamt 8 Teilnehmer (5 männliche, 3 weibliche) wurden in ein Krafttraining der Dorsalflexoren eingewiesen, welches sie danach eigenständig durchführten und ihre Trainingswerte dokumentierten. Trainiert wurde an einer Maschine (Kieser Technology, Zürich, Schweiz), die mit einem Exzenter ausgestattet war und eine kontrollierte Bewegung über die gesamte Bewegungsamplitude gewährleistete. Mit dem Ziel, die Maximalkraft der Dorsal-

flexoren zu steigern (9), wurde bei jeder Trainingseinheit eine Serie bis zur vollständigen muskulären Erschöpfung durchgeführt, die nach 9 bis 12 Wiederholungen in 90 bis 120 Sekunden erreicht werden sollte. Die Teilnehmer der Trainingsgruppe absolvierten über einen Zeitraum von 8 Wochen zwei bis drei Trainingseinheiten in der Woche. Als Kontrollgruppe dienten 7 Probanden (5 männliche, 2 weibliche). Die Versuchspersonen wurden randomisiert einer der beiden Gruppen zugeordnet.

Kraftdiagnostik

Vor und nach der Trainingsphase wurden die lokale Kraftausdauer und die isometrische Maximalkraft der Dorsalflexoren an einem isokinetischen Dynamometer (Biodex System 3 - Multi-Joint-System, Biodex, Medical Systems Inc., NY, USA) getestet.

Die Teilnehmer führten die Muskeltests barfuß in sitzender Position durch, das Hüftgelenk war 90° gebeugt, das Kniegelenk gestreckt. Ausweichbewegungen wurden durch die Fixation des Körpers mit Gurten an Brustkorb, Becken und Oberschenkel sowie die verschränkte Haltung der Arme vor dem Brustkorb während der Tests limitiert.

Die isometrische Maximalkraft der Dorsalflexoren (MVC) wurde aus dem maximalen resultierenden isometrischen Dorsiflexionsmoment interpretiert. Die Messung wurde in 115° -Position (aus 90° -Stellung des Fußes 25° nach plantar) ausgeführt. Von den drei durchgeführten Versuchen, zwischen denen 60 Sekunden pausiert wurde, wurde der beste als MVC gewertet.

Zur Diagnostik der lokalen Kraftausdauer der Dorsalflexoren führten die Versuchspersonen in konzentrisch-exzentrischem Modus 85 (Männer) bzw. 65 (Frauen) Dorsalflexionen in einer Winkelgeschwindigkeit von $120^\circ/\text{s}$ aus.

Um den maximalen willkürlichen Krafteinsatz zu erbringen, wurden die Versuchspersonen zum einen von den Versuchsleitern verbal motiviert, zum anderen wurde die Biofeedbackfunktion der Isokinetiksoftware eingesetzt. Aus den Messungen der Dorsiflexionsmomente wurden die Leistung und die Gesamtarbeit der Dorsalflexoren (W_{ges}) berechnet. Die Gesamtarbeit wurde als die integrierte Leistung, welche numerisch kumulativ mit der Trapezmethode bestimmt wurde, definiert.

Laufanalyse



Abbildung 2: Visuelle Analogskala

Nach Nigg (15) wurde dabei die mit einem Rückfußgoniometer gemessene Eversionsbewegung des Calcaneus mit der Pronation gleichgesetzt. Die Versuchspersonen liefen barfuß auf einer ca. 15 m langen Strecke in ihrer be-

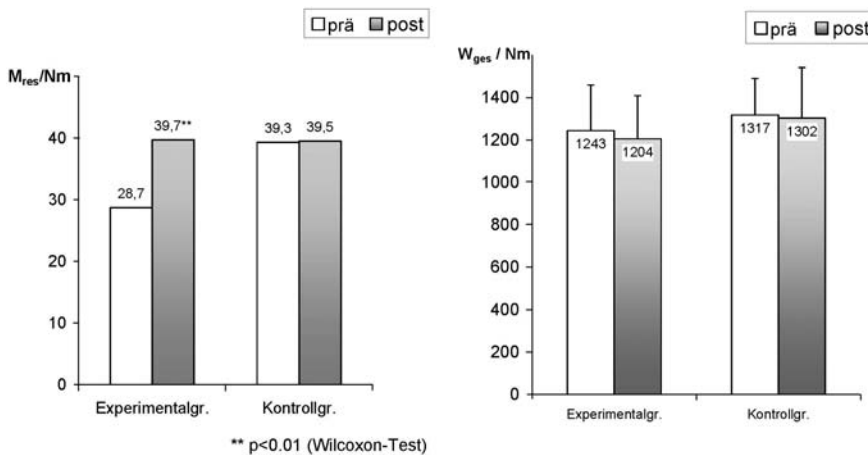


Abbildung 3: MVC-Maxima sowie Mittelwerte und Standardabweichung der Kraftausdauerparameter bei den Gruppen.

vorzuzugten Jogginggeschwindigkeit, wobei 5 gültige Versuche erzielt werden mussten. Die maximale Pronation β_{PRO} wurde als Betrag der Auslenkung des Goniometers von der zuvor durchgeführten Nullmessung bis zum ersten relativen Pronationsmaximum bestimmt. Die kinematische Messung wurde mit einem Kraftmesssystem (Kistler Instrumente AG, Winterthur, Schweiz) getriggert. Die Aufnahme Frequenz betrug jeweils 600 Hz. Berechnet wurden die Mittelwerte des maximalen Pronationswinkels β_{PRO} und die maximale Pronationsgeschwindigkeit v_{PRON} über alle Laufversuche jeweils vor und nach der Trainingsphase. Um den Einfluss von Ermüdungseffekten auf die kinematische Messung zu vermeiden, fand diese bei Pre- und Posttest zeitlich vor der Kraftdiagnostik statt.

Schmerzerfassung

Per Fragebogen wurden vor und nach der Trainingsphase mittels einer visuellen Analogskala (0=keine Schmerzen, 10=Äußerst schmerzhaft) die Einschätzung der Intensität der Tibiakantenschmerzen, der Einfluss der Schmerzen auf das Ausüben der Sportarten sowie die Veränderung der Symptomatik nach der Intervention bestimmt. Zudem wurden allgemeine Daten, bevorzugte Sportarten und wöchentliche Laufkilometer abgefragt.

Ergebnisse

Die Prüfung der Stichproben mit dem Kolmogoroff-Smirnoff-Test ($\alpha=0,1$) ergab, dass Trainings- und Kontrollgruppe hinsichtlich Maximalkraft (MVC), Kraftausdauer, Pronationsmaximum (β_{PRO}) und der Schmerzwerte (VAS) nicht der Normalverteilung entsprachen. Deshalb wurden für den statistischen Vergleich der Testergebnisse (Mittel-

werte und Maxima) parameterfreie Verfahren angewandt: der einseitige Wilcoxon-Test (WT) zur Evaluation der Interventionseffekte und der U-Test (UT) zum Gruppenvergleich (WT: $\alpha=0,05$; UT: $\alpha=0,05$).

Kraftdiagnostik

Obwohl der Gruppenvergleich (UT) vor und nach dem Training keine statistisch signifikanten Unterschiede ergab, zeigte der deutliche Anstieg der MVC bei allen 8 Teilnehmern nach durchgeführtem Krafttraining, der im Mittel 38 % betrug, einen hoch signifikanten Interventionseffekt (WT: $p<0,01$). Diesen wies die Kontrollgruppe nicht auf. Die

Mittelwertvergleiche (WT und UT) der Kraftausdauer messungen zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede.

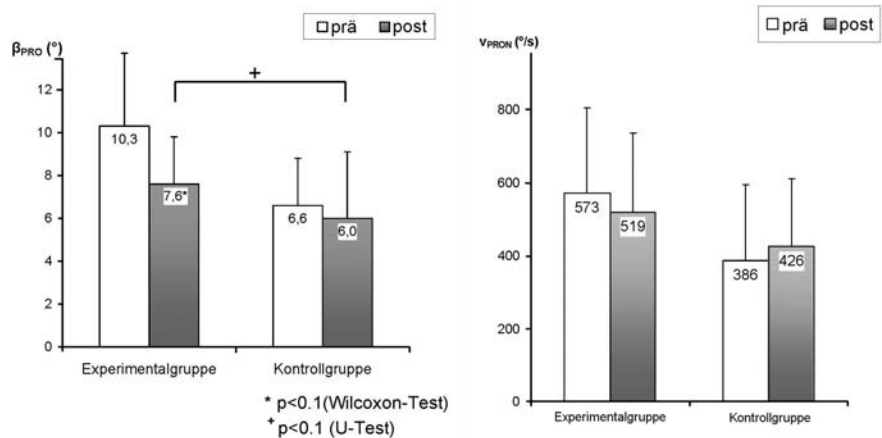


Abbildung 4: Mittelwerte und Standardabweichung der maximalen Pronation β_{PRO} und der maximalen Pronationsgeschwindigkeit v_{PRON} bei den Gruppen

Kinemetrie

Die Ergebnisse der Trainingsgruppe zeigten bei 7 der 8 Teilnehmer rückläufige Pronationsmaxima, bei einer Versuchsperson vergrößerte sich β_{PRO} . Die Veränderungen der Trainingsgruppe zeigen im WT keine signifikante Reduktion der Pronationsmaxima, aber die Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,07$ lässt hier einen Trend deutlich werden, den die Kontrollgruppe nicht aufweist. In dieser haben 4 Teilnehmer beim Posttest reduzierte, 3 Teilnehmer vergrößerte Pronationsmaxima. Auch der Gruppenvergleich im Posttest (UT) bestätigt diesen statistischen Trend (UT: $p=0,09$). Die Mittelwertvergleiche von v_{PRON} führten zu keinen statistisch signifikanten Unterschieden.

Dynamometrie

Mit Hilfe der dynamometrischen Messung konnte die Vergleichbarkeit der einzelnen Lauftests gewährleistet werden. Versuche mit stark abweichendem Verlauf der verti-

Tabelle 1: Mittelwerte und Streuung der dynamometrischen Daten beider Gruppen

	Experimentalgruppe		Kontrollgruppe	
	Pre	Post	Pre	Post
t_{cont} (ms)	227±17	225±18	242±44	237±25
F_z (N)	1426±344	1479±415	1128±319	1138±328
rate F_z (N/s)	137±28	146±30	126±56	132±50
$p_{x_{\text{min}}}$ (N s)	-6,9±2,6	-7,3±2,6	-8,2±3,1	-8,4±3

kalen Bodenreaktionskraft wurden nach visueller Kontrolle als ungünstig erklärt und wiederholt durchgeführt.

In Tabelle 1 sind die Bodenkontaktzeit (t_{cont}), die vertikale Bodenreaktionskraft (F_z), die Kraftanstiegsrate (rate F_z) als mittlere Steigung der F_z -Kurve vom Touchdown bis zum Maximum des Impacts und der maximale abbremssende Kraftstoss ($p_{x_{\text{min}}}$) der anterior-posterioren Komponente aufgeführt. Diese Parameter zeigten keine systematischen und keine statistisch signifikanten Veränderungen.

Schmerzmessung

Auf die Frage, ob sich die Schmerzsymptomatik verändert hat, antworteten 3 der 8 Versuchspersonen der Trainingsgruppe, dass sie „deutlich weniger Schmerzen“ hätten. 3

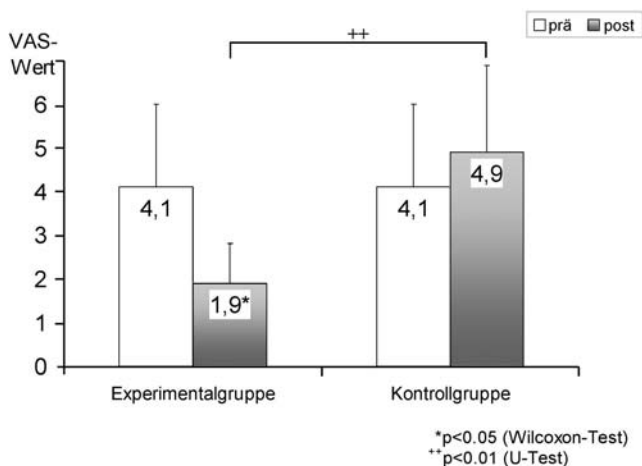


Abbildung 5: Mittelwerte und Standardabweichung der Schmerzscores der visuellen Analogskala (VAS) beider Gruppen

Teilnehmer spürten „weniger Schmerzen“ und 2 Probanden „keine Veränderung“. Der Vergleich der VAS-Daten der Trainingsgruppe zwischen Pre- und Posttest ergibt eine signifikante Reduktion der Schmerzsymptomatik (WT: $p < 0,05$). Die Kontrollgruppe zeigt keine statistischen signifikanten Unterschiede. Ein Teilnehmer gab an, jetzt „mehr Schmerzen“ zu spüren, sechs Probanden empfanden „keine Veränderung“. Der Gruppenvergleich weist einen hoch signifikanten Gruppenunterschied (UT: $p < 0,01$) nach der Intervention auf.

Diskussion

Die Ergebnisse lassen die biopositive Wirkung des Krafttrainings der Dorsalflexoren bei Rückfußläufern mit einem typischen Überpronationssyndrom deutlich werden.

Hinsichtlich der diskutierten Entstehungsursachen von Shin Splints könnte die durch die gesteigerte Muskelkraft verbesserte Funktion des M. tibialis anterior als Antipronator

a) das Torsionsmoment reduzieren, welches mit der durch die Pronation induzierte Innenrotation der Tibia einhergeht.

b) bewirken, dass durch eine reduzierte Pronation geringere Zugkräfte auf die Tibia einwirken, da die tiefe retro-tibiale Muskulatur nun weniger Bremsarbeit verrichten muss.

c) die Reduktion der metabolischen Aktivität der retro-tibialen Muskulatur bewirken und somit die Provokation eines funktionellen Kompartmentsyndroms in der tiefen Flexorenloge vermeiden.

Es liegt also die Vermutung nahe, dass die tendenziell beobachtete, verbesserte funktionelle Bewegung im Subtalarge lenk eine reduzierte mechanische Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems der unteren Extremität bewirkt. Ob der M. tibialis anterior der alleinige Aktuator ist, der nach seiner Kräftigung diese Wirkung erzielt, müssten weitere EMG-Untersuchungen beantworten können. Denkbar ist auch, dass der kräftigere Einsatz des M. tibialis anterior eine Co-Aktivierung anderer Supinatoren nach sich zieht. Dies könnte nun dazu führen, dass die nun weniger stark belasteten und beanspruchten Muskeln, die zuvor noch – also im Zustand eines untrainierten M. tibialis anterior – unfunktionelle exzentrische Reize erfuhren, jetzt in der Lage sind, wieder funktionell zu arbeiten, nämlich ebenfalls als Antipronatoren.

Unsere Studie kann nicht beantworten, welchen Effekt eine gesteigerte Ermüdungswiderstandsfähigkeit der Dorsalflexoren haben könnte. Dies ist mit der ausgewählten Methode des Einsatz-Krafttrainings zu erklären, welche vor allem das Ziel hatte, die Maximalkraft der Dorsalflexoren zu verbessern. Offen bleibt also die Vermutung, dass eine erhöhte Kraftausdauer des M. tibialis anterior der bei wachsender Ermüdung beobachteten zunehmenden Pronation (2, 22) entgegenwirken könnte.

Diese Arbeit zeigt, dass Sportler mit Shin Splints aktiv in die Schmerzsymptomatik eingreifen können. Ob das apparative Krafttraining der Dorsalflexoren eine Präventionsstrategie gegen Überpronationssyndrome allgemein sein könnte, stellt eine herausfordernde Fragestellung für zukünftige biomechanische Untersuchungen dar.

Danksagung

Die Autoren danken der Kieser Training AG und allen Kölner Kieser Training Betrieben für die freundliche Kooperation bei der Durchführung des Krafttrainings.

Literatur

1. Beck BR, Osternig LR (1994): Medial Tibial Stress Syndrome. The Location of Muscles in the Leg in Relation to Symptoms. J Bone Joint Surg Am 76 A (1994) 1057-1061.

2. Brüggemann GP, Arndt A: Fatigue and lower extremity function. Proceedings of the First Symposium on Functional Footwear. Calgary, 1994, 4-5.
3. Buchbinder MR, Napora NJ, Biggs EW: The Relationship of Abnormal Pronation to Chondromalacia of the Patella in Distance Runners. *J Am Podiatry Assoc* 69 (1979) 159-162.
4. Clement DB, Taunton JE, Smart GW, McNicol KL: A survey of overuse running injuries. *Phys Sports Med* 9 (1981) 47-58.
5. Cornwall MW, McPoil TG: The influence of tibialis anterior muscle activity on rearfoot motion during walking. *Foot & Ankle* 15 (1994) 75-79.
6. Detmer DE: Chronic shin splints: classification and management of medial tibial stress syndrome. *Sports Med* 3 (1986) 436-446.
7. Feltner ME, MacRae HS, MacRae PG, Turner NS, Hartman CA, Summers ML, Welch MD: Strength training effects on rearfoot motion in running. *Med Sci Sports Exerc* 26 (1994) 1021-1027.
8. Gehlsen GM, Seger A: Selected measures of angular displacement, strength, and flexibility in subjects with and without shin splints. *Res Q Exerc Sport* 51 (1980) 478-485.
9. Heiduk R, Preuss P, Steinhöfer D: Die optimale Satzzahl im Krafttraining: Einsatz- versus Mehrsatz-Training. *Leistungssport* 4 (2002) 4-13.
10. Hintermann B, Nigg BM: Die Bewegungsübertragung zwischen Fuß und Unterschenkel in vitro. *Sportverletzungen Sportschaden* 8 (1994) 60-66.
11. James SL, Bates BT, Osternig LR: Injuries to runners. *Am J Sports Med* 6 (1979) 40-49.
12. James SL, Jones DC: Biomechanical Aspects of Distance Running Injuries, in: Cavanagh PR (Hrsg.): *Biomechanics of Distance Running*, Champaign, 1990, 249-269.
13. Kapandji IA: Funktionelle Anatomie der Gelenke. Band 2 – Untere Extremität. Hippokrates Verlag, Stuttgart, 2001.
14. Kues J: The Pathology of Shin Splints. *J Orthop Sports Phys Ther* 12 (1990) 115-121.
15. Nigg BM: *Biomechanics of Running Shoes*. Human Kinetics Publishers, Champaign, 1986.
16. Oakes B: Tibial Pain or Shin Soreness. Australian Sports Commission. *State of the Art Review* 16 (1988) 47-51.
17. Perry J: Anatomy and biomechanics of the hindfoot. *Clin Orthop Relat Res* 177 (1983) 9-15.
18. Schweltnus MP, Jordan G; Noakes TD: Prevention of common injuries by the use of shock absorbing soles: a prospective study. *Am J Sports Med* 18 (1990) 636-641.
19. Segesser B, Nigg BM: Insertionstendinosen am Schienbein, Achillodynie und Überlastungsfolgen am Fuß – Ätiologie, Biomechanik, therapeutische Möglichkeiten. *Orthopäde* 9 (1980) 207-214.
20. Stacoff A: Skeletal lower extremity motions during running. Doctoral Dissertation, University of Calgary, 1998.
21. Thacker S, Gilchrest J, Stroup D, Kimsey D: The prevention of shin splints in sports: a systematic review of literature. *Med Sci Sports Exerc* 34 (2002) 32-40.
22. Van Gheluwe B, Madsen C: Frontal rearfoot kinematics in running prior to volitional exhaustion. *J Appl Biom* 13 (1997) 66-75.
23. Viitasalo JT, Kvist M: Some biomechanical aspects of the foot and ankle in athletes with and without shin splints. *Am J Sports Med* 11 (1983) 125-130.

Korrespondenzadresse:

Dipl.-Sportwiss. Marco Hagen

Biomechanik Labor

Sport- und Bewegungswissenschaften

Universität Duisburg-Essen

Henri-Dunant-Str. 65

45131 Essen

e-Mail: marco.hagen@uni-duisburg-essen.de