

betois - Messsystem zur Bestimmung von fußbelastenden Biegemomenten im Schuh

Thomas Stief, Anja Vogelbusch, Klaus Peikenkamp

Hintergrund

Ein grundsätzliches Ziel orthopädiesschuhtechnischer Versorgungen ist die Verbesserung nichtphysiologischer Fußbelastungen. Dies wird durch verschiedenste konstruktive Elemente des orthopädischen Maßschuhs aber auch durch diverse Zurichtungen am Konfektionsschuh umgesetzt.

Betrachtet man beispielsweise Sohlenrollen, so ist ihre Hauptaufgabe die Entlastung des Vorfußbereichs. Durch eine Veränderung der Sohlengeometrie und -steifigkeit sollen z.B. mit Ballenrollen die Bewegungsumfänge der Zehengrundgelenke in Dorsalextension und Plantarflexion eingeschränkt und die auftretenden Belastungen reduziert werden. Mittels plantaren Druckmessungen konnten bisher die Wirkungen von Sohlenrollen nicht eindeutig belegt werden, obwohl diese Schuhzurichtungen in der Praxis mit großem Erfolg eingesetzt werden.

Entwicklung des Messsystems

An der Fachhochschule Münster wurde ein neues mobiles Messsystem (betois, bending torsion insole system) entwickelt, das erstmals die Analyse von mehrdimensionalen Fußbelastungen mit Innensohlen im Schuh ermöglicht (s. Abbildung 1). Über eine spezielle Sensoranordnung auf flexiblen Messsohlen können an unterschiedlichen Messfeldern, z.B. proximal der Mittelfußköpfchen I und V, Biegemomente erhoben werden.

Das Biegemoment ist wie Kraft oder Druck eine physikalische Größe und eine spezielle Form des Drehmomentes. Biegemomente sind die maßgebliche Ursache für *Verbiegungen* von Materialien aber auch biologischen Strukturen. Werden beispielsweise die Zehen in den Grundgelenken dorsalextendiert, so müssen dabei Biegemomente (Dorsalextensionsmomente) wirken. Rechnerisch werden Biegemomente mit dem Produkt aus Kraft und Hebelarm (s. Abbildung 2) beschrieben.

Bezogen auf die Vorfußbelastung während des Gehens mit einer Versorgung über Ballenrollen müsste oben genanntes bedeuten, dass Ballenrollen die maximalen Biegemomente, die an den Grundgelenken wirken, reduzieren und so die Mittelfußköpfchen entlasten.

Anwendungsbeispiel

In einer randomisierten, kontrollierten Studie der FH Münster wurden mittels Druck- und Biegemomentmessung die Auswirkungen von Ballenrollen auf die Vorfußbelastung überprüft. Während der Untersuchung gingen die vierzehn Teilnehmer auf einem Laufband abwechselnd in randomisierter Reihenfolge mit einem Paar Neutralschuhe ohne Ballenrollen (s. Abbildung 3 a) und einem weiteren Paar Neutralschuhen mit standardisierten Ballenrollen (s. Abbildung 3 b). Die Scheitelpunkte der Rolle wurden einen Zentimeter proximal des Groß- und Kleinzehengrundgelenkes eines *Normfußes* positioniert.

Über die plantare Druckverteilungsmessung konnte kein Unterschied in der Vorfußbelastung beim Gehen mit und ohne Ballenrolle nachgewiesen werden.

Hingegen reduzierten die eingesetzten Ballenrollen statistisch nachweisbar die maximalen Biegemomente proximal des Großzehengrundgelenkes. Die maximalen Dorsalextensionsmomente

(s. Abbildung 4, positive Werte) wurden durch den Einsatz der Schuhzurichtung um 15 % verringert und die maximalen Plantarflexionsmomente (s. Abbildung 4, negative Werte) um 56 %. Die Momentenbereiche zwischen den maximalen Plantarflexionsmomenten und den maximalen Dorsalextensionsmomenten verringerten sich ebenfalls durch die Ballenrollen. Die nachweisbaren Reduktionen waren dabei 25 %.

Eine Rückverlagerung des Abrollpunktes bei Schuhen und damit eine Verkürzung des Rückfußhebels resultiert also in geringeren Dorsalextensions-, Plantarflexionsmomenten und Momentenbereichen. Das stellt eine praxisrelevante Entlastung des Vorfußbereiches dar, da die für die Verformung des Vorfußes zum Rückfuß verantwortlichen Biegemomente reduziert werden können. Dieser Nachweis bestätigt wissenschaftlich die Wirkung von Ballenrollen.

Betrachtet man die individuelle Biegebelastung genauer (s. Abbildung 5), so werden die Effekte der Ballenrolle noch deutlicher. Die in Abbildung 5 dargestellten und auf den Gangzyklus normierten Kurvenverläufe zeigen einerseits in Schwarz den auftretenden mittleren Biegemomentverlauf proximal des rechten Großzehengrundgelenkes eines Probanden beim Gehen ohne Ballenrollen in dem untersuchten Neutralschuh und in Rot den Biegemomentverlauf des rechten Großzehengrundgelenkes des gleichen Probanden aber dieses Mal beim Gehen mit Ballenrolle. Es zeigt sich, dass die Ballenrolle das zwischen ca. 50 % und 70 % des Gangzyklus auftretende Dorsalextensionsmoment stark reduziert. In diesem Bereich ist der rote Kurvenverlauf im Vergleich zum Schwarzen deutlich niedriger ausgeprägt. Es fällt zudem auf, dass die Versorgung nicht erwartete Effekte zeigt. Das in den ersten 50 % des Gangzyklus auftretende Plantarflexionsmoment fällt mit Ballenrolle ebenfalls geringer aus.

Mit dem vorgestellten, betois-System können zudem Torsionsmomente erhoben werden. Sein Einsatzgebiet ist, wie die Anwendungsstudie oben zeigt, u.a. in der Unterstützung von Wirkungsnachweisen orthopädischer Hilfsmittel in der Praxis und/oder Wissenschaft zu sehen. Es kann zur Überprüfung orthopädischer Maßnahmen, die eine Änderung von Biege- und Torsionsbelastungen am Fuß im Schuh oder Hilfsmittel zum Ziel haben, eingesetzt werden.

Abbildungen

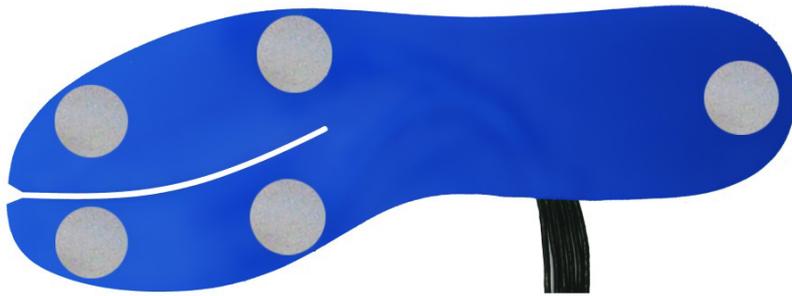


Abbildung 1: Rechte Messsohle des betois-Messsystems zur Ermittlung von fußbelastenden Biege- und Torsionsmomenten im Schuh mit Messfeldern an den Zehenend- und -grundgliedern I und V und am Fersenbein

$$M_b = F \cdot l$$

M_b = Biegemoment, Nm

F = Kraft, N

l = Länge des Hebelarms, m

Abbildung 2: physikalische Formel für das Biegemoment (M_b)

a.



b.



Abbildung 3 a.: Neutralschuh ohne Ballenrolle; b.: Neutralschuh mit Ballenrolle (nora® Lunasoft AL, 10 mm, SH 52A)

Maximale Momente am Großzehengrundgelenk

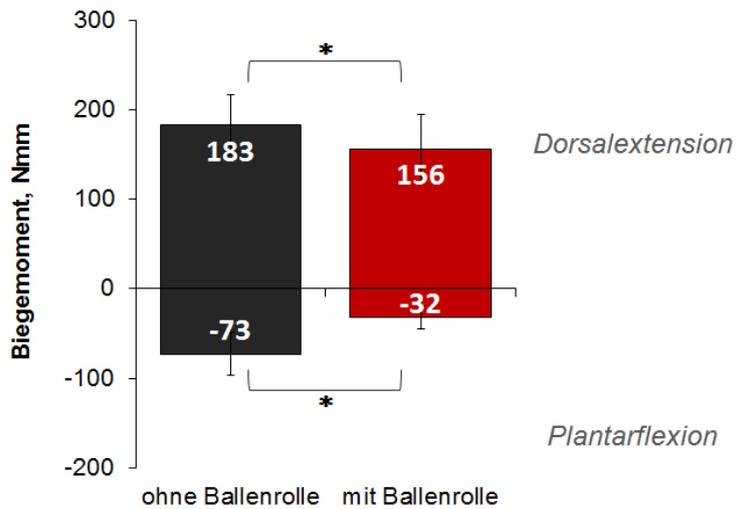


Abbildung 4: maximale Dorsalextensions- (positives Ende der Balken) und maximale Plantarflexionsmomente (negatives Ende) während des Gehens mit einem Neutralschuh ohne Schuhzurichtung (schwarzer Balken) und mit Neutralschuh mit Ballenrollen (roter Balken), statistisch abgesicherte Unterschiede sind mit einem * gekennzeichnet

Momentenverlauf am Großzehengrundgelenk

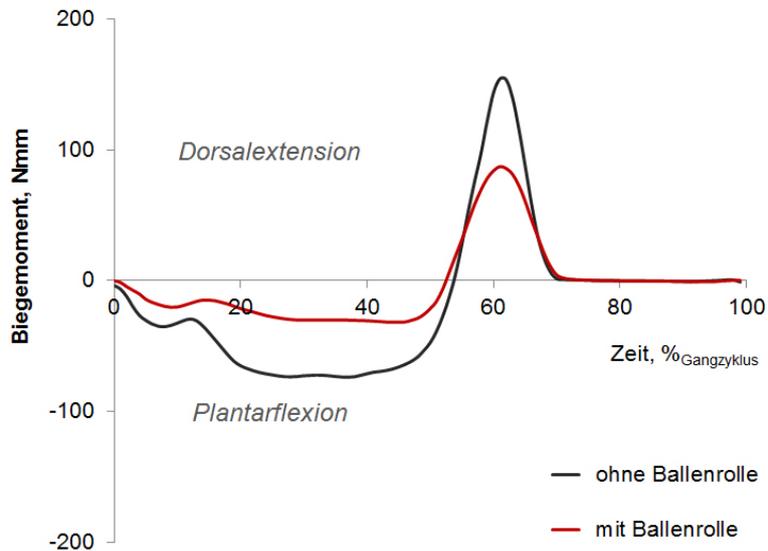


Abbildung 5: Biegemomentenverläufe proximal des Großzehengrundgelenkes während des Gehens mit einem Neutralschuh ohne Schuhzurichtung (schwarze Linie) und während des Gehens mit Neutralschuh mit Ballenrollen (rote Linie)

Kontaktdaten

Dipl.-Ing. / OSM Thomas Stief

Labor für Biomechanik der Fachhochschule Münster

Bürgerkamp 3

48565 Steinfurt

stief@fh-muenster.de