GAMMA
Gesellschaft für die Analyse Menschlicher Motorik und ihrer klinischen Anwendung

QIMOTO
Zentrum für Sportmedizin

GAMMA
Gesellschaft für die Analyse Menschlicher Motorik und ihrer klinischen Anwendung

Messung der Sprunggelenkstabilität im Praxisalltag

Benz, R., Eckelt, M., De Monte, G., Gassen, M.
QIMOTO Labor für Bewegungs- und Funktionsdiagnostik, Wiesbaden, Deutschland

Einleitung:

In den letzten Jahrzehnten gehört das Sprunggelenk sowohl bei Sportunfällen als auch bei Verletzungen im Alltag zu einer der am häufigsten betroffenen Körperregionen, wobei Menschen aller Altersgruppen betroffen sind [1,2]. Zu den typischen Beschwerden gehören bei vielen Betroffenen Instabilitäten des Sprunggelenks. Im Praxisalltag gibt es hierfür bisher keine einheitliche diagnostische Vorgehensweise. Trotz einer Vielzahl wissenschaftlicher Studien, welche die Ursache dieses Beschwerdebildes in Störungen des sensomotorischen Systems vermuten [3], finden unter anderem aus Zeit- und Kostengründen in der Praxis Messungen in diesem Bereich nicht ausreichend statt.
Deshalb wird nachfolgend eine im Praxisalltag angewandte Möglichkeit vorgestellt, die mit Hilfe unterschiedlicher biomechanischer Messverfahren die Beurteilung der dynamischen Sprunggelenkstabilität ermöglichen soll. Dabei soll anhand von drei Fallbeispielen aufgezeigt werden, wie der variable Einsatz dieser Messverfahren von einer einfachen zu einer komplexen Messung gesteigert werden kann.

Methode:

Die Basis des vorgestellten Untersuchungsprotokolls bildet ein Tiefsprung mit einbeiniger Landung. Hierbei bekamen die Patienten die Aufgabe von einer 25 cm erhöhten Position (Aerobic Stepper) einbeinig auf einer Kraftmessplatte (Kistler, 1000 Hz) zu landen (Abb. 1). Bei dieser Bewegungsaufgabe wurden je nach eingesetztem Messverfahren unterschiedliche kinetische, kinematische und elektromyographische Parameter erfasst bzw. berechnet (Abb. 2).

Abb. 1: Patient während der einbeinigen Landung

Messinhalt	Messsysteme	Parameter	Messdauer
Basismessung **(Tiefsprünge)**	Kraftmessplatte	Bodenreaktionskräfte, Kraftangriffspunkt, „Time to Stabilization“	8 - 10 min
+ Qualitative Beurteilung der Bewegegungs-durchführung **(+ 2 min Bekleben mit Hüftmarker)**	Videosystem oder 3D Motion Capture System	Anfangs- und Endposition (z.B. anhand eines Hüftmarkers)	10 min
+ Elektromyografie **(+ 5 min Bekleben mit Elektroden)**	EMG - System	Neuromuskuläre Aktivität	15 min
+ 3D Bewegungsanalyse **(+ 5 min Bekleben mit Markern)**	3D Motion Capture System	Gelenkkräfte und -winkel, simulierte Muskel-Sehnen-Längen	20 min

Abb. 2: Übersicht der variabel einsetzbaren Messverfahren

Fallbeispiel 1: Basis Messung mit Bodenreaktionskräften (BRK) , Kraftangriffspunkt (COP) und einfachen kinematischen Parametern

Bei einem Patienten mit einer 3 Monate alten LFTA-Ruptur und einer Läsion des Syndesmosebandes am rechten Sprunggelenk wurde im Seitenvergleich eine erhöhte Amplitude der medio-lateralen BRK (Abb. 3) als auch ein erhöhter Ausschlag des COP in medio-lateraler Richtung (Abb. 5) bei der Landung auf dem betroffenen Bein gemessen.
Um Auffälligkeiten der Bodenreaktionskräfte besser beurteilen zu können, wurde zusätzlich mit einem 3D Motion Capture System (Qualisys Motion Capture System, 100 Hz) Bewegungen eines, an der Hüfte des Patienten platzierten, Markers gemessen (Abb. 4).
Die erhöhten Kräfte bzw. der erhöhte Ausschlag des COP bei relativ symmetrischer vertikaler Bewegung des Hüftmarkers während dem Sprung können auf eine noch vorhandene Instabilität des rechten Sprunggelenks hinweisen.

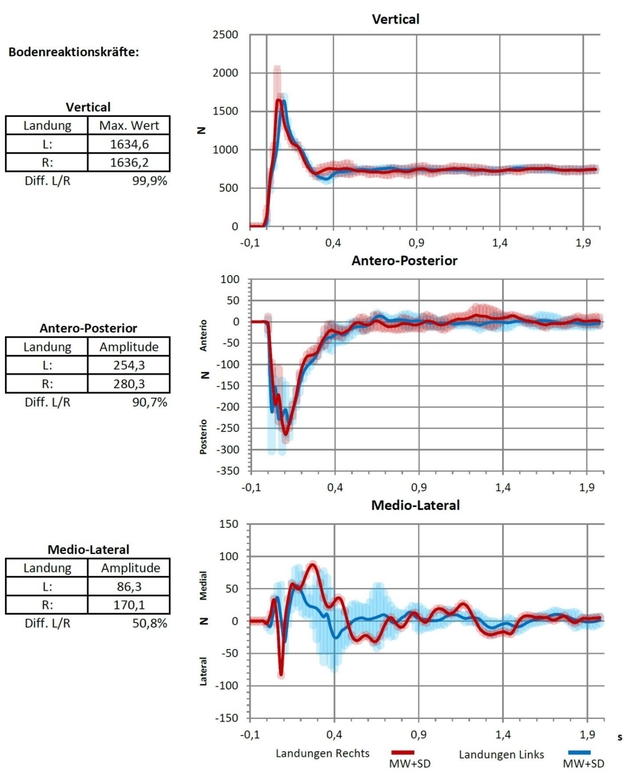

Abb. 3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bodenreaktionskräfte (n=3 rechts, n=3 links)

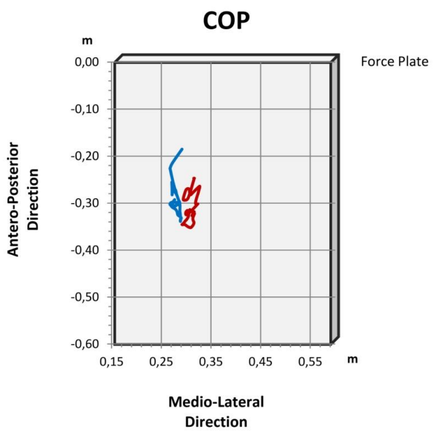

Abb. 5: Gemittelte Amplitude des Kraftangriffspunkt (COP) der Landungen auf dem rechten (rot) und linken Bein (blau) (n=3 rechts, n=3 links)

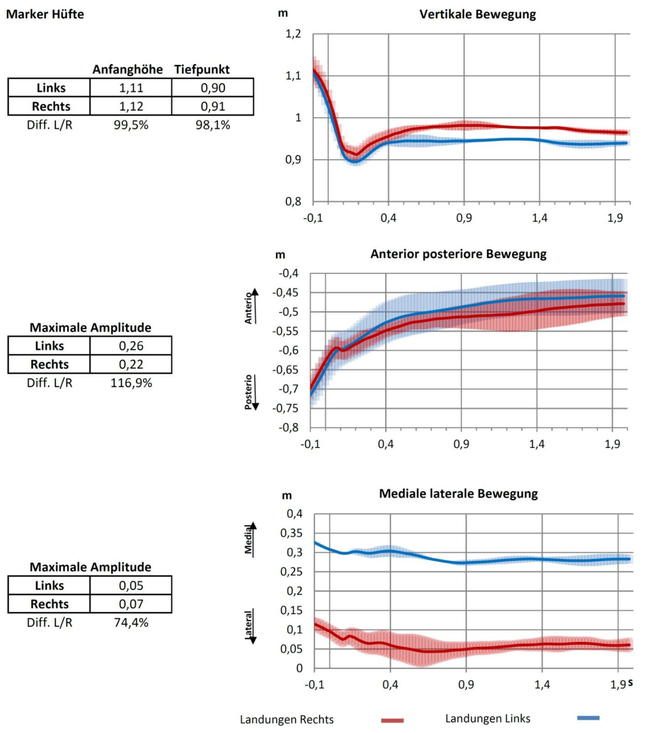

Abb. 4: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bewegung eines, an der Hüfte des Patienten platzierten, Markers (n=3 rechts, n=3 links)

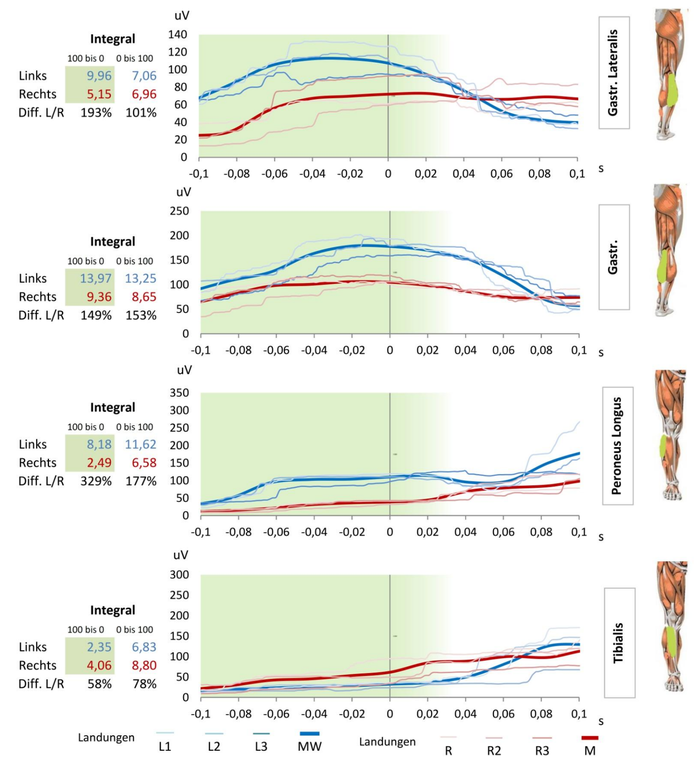

Abb. 6: Elektromyographische Analyse der sprunggelenkstabilisierenden Muskulatur (Signalbearbeitung: Highpass 25 Hz, gleichgerichtet, Lowpass Butterworth 10 HZ)

Fallbeispiel 2: Zusätzliche EMG-Ableitung

Bei einer Patientin (1 Monat nach einem Supinationstrauma des linken Sprunggelenks) konnten im Seitenvergleich keine auffälligen BRK festgestellt werden. Die zusätzlich durchgeführte Messung mit einem EMG-System (NORAXON TeleMyo DTS, 1.500 Hz) zeigt kurz vor der Landung eine erhöhte Voraktivierung der sprunggelenkstabilisierenden Muskulatur (M. peroneus longus, M. gastrocnemius) auf der linken Seite (Abb. 6).
Diese Voraktivierung bei unauffälligen BRK wurde als positives muskuläres Verhalten zur Gelenkstabilisierung bewertet und unterstützte die ärztliche Entscheidung zur Freigabe von Alltags- bzw. Trainingsbelastungen.

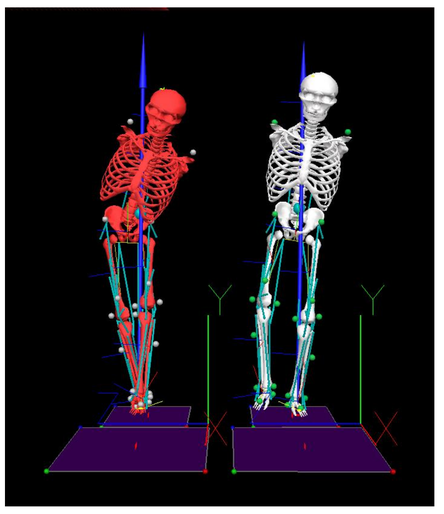

Abb. 7: 3D-Darstellung des berechneten Modells bei einer Landung auf dem rechten (rotes Modell) und linken Bein (weißes Modell)

Fallbeispiel 3: Zusätzliche 3D Bewegungsanalyse

Bei einem Patienten mit Instabilitätsgefühl in beiden Sprunggelenken und rezidivierenden Supinationstraumata auf der rechten Seite konnten die BRK und der COP keine eindeutigen Hinweise auf eine defizitäre Sprunggelenkstabilität liefern. Die zusätzlich durchgeführte 3D Bewegungsanalyse (Qualisys Motion Capture System, 100 Hz; Viual3D v5) zeigte jedoch eine auffällige Bewegungsausführungen bei der Landung auf dem rechten Bein (u.a. verstärkte Auslenkung des Oberkörpers (Abb. 7) mit erhöhten Kniemomenten in der Frontalebene).
Aufgrund erhöhter Belastungen des rechten Beins im Sport (Standbein beim Fußball) wurde dem Patienten ein Training zur Verbesserung der dynamischen Hüft- und Wirbelsäulenstabilität empfohlen.

Diskussion:

Mit dem hier vorgestellten Untersuchungsprotokoll kann die Beurteilung der Sprunggelenkstabilität im Praxisalltag qualitativ verbessert werden. So lassen sich schon mit geringem materiellem und zeitlichem Aufwand (10 Minuten) relevante Parameter zur Stoßdämpfung erfassen (Fallbeispiel 1). Zur umfassenderen Bewertung des sensomotorischen Systems kann das Untersuchungsprotokoll mit einem geringen zusätzlichen Zeitaufwand um Informationen zur neuromuskulären (Fallbeispiel 2) und posturalen Kontrolle bis hin zur komplexen Erfassung eines Bewegungsmusters (Fallbeispiel 3) variabel erweitert werden.
Die Möglichkeiten derartiger Messkonzepte bei einem geringem Zeitaufwand zeigen, dass zukünftig biomechanische Messverfahren neben der klassischen Diagnostik (Anamnese, manuelle Untersuchung, bildgebende Verfahren) zum Standard in der Beurteilung von orthopädischen Beschwerden gehören sollten.

Literatur

[1] Doherty, C., Delahunt, E., Caulfield, B., Hertel, J., Ryan, J. & Bleakley, C. (2014). The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. Sports medicine, 44(1), 123-140.
[2] Fong, D. T. P., Hong, Y., Chan, L. K., Yung, P. S. H. & Chan, K. M. (2007). A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. Sports medicine, 37(1), 73-94.
[3] Steib, S. & Pfeifer, K. (2015). Beeinträchtigungen der sensomotorischen Kontrolle bei funktioneller Sprunggelenkinstabilität. Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie, 153(1), 253-258.

QIMOTO
Labor für Bewegungs- und Funktionsdiagnostik