

Entwicklung und Validierung eines Gerätes zur klinischen Testung des Talusvorschubes

Heinz Lohrer (Projektleiter)

Sportmedizinisches Institut, Frankfurt/Main

Problemstellung

Die ständig wachsenden Leistungsanforderungen im Spitzensport führen dazu, dass der Organismus des Sportlers immer höher belastet wird. Besonders das Sprunggelenk muss Stoß-, Druck-, Zug- und Scherbelastungen in hohem Umfang aufnehmen (Martin, 1996). Bei maximaler physischer und psychischer Belastung kommt es nicht selten zu koordinativen Störungen mit dem Ergebnis einer erhöhten Verletzungsbereitschaft. Steinbrück (1987) beschreibt in einem 15-Jahres-Rückblick, dass Kapselbandläsionen am oberen Sprunggelenk die häufigste Verletzungsform beim Sportler sind. Zur Diagnostik der Kapselbandverletzungen am lateralen Sprunggelenk existieren neben den klinischen Untersuchungsverfahren mittels Talusvorschub und Taluskippung verschiedene invasive (Arthrographie) und nicht invasive Methoden zur Bestimmung der lateralen Kapselbandverletzungen (Ultraschall, MRT, gehaltene Röntgenaufnahmen).

Aufgrund der Strahlenbelastung bei Arthrographie und Röntgendiagnostik sind diese nur sehr begrenzt zum routinemäßigen Einsatz bei Verlaufskontrolluntersuchungen induziert. Die Kernspintomographie (MRT) ist zu kostenintensiv und die Ultraschalluntersuchung stellt nur die morphologische Situation dar. Eine präventive Stabilitätsdiagnostik zur Erfassung von Risikogruppen ist deshalb nahezu ausgeschlossen.

Ziel der vorgelegten Arbeit ist die Entwicklung eines nicht strahlenbelastenden Diagnoseverfahrens, welches einfach in der Anwendung ist und reproduzierbare Ergebnisse liefert, um gefährdete Athleten mit instabilen Sprunggelenken selektieren zu können. Diese könnten dann präventiv behandelt und so vor Verletzungen des Kapsel-Band-Apparates während der Ausübung ihrer Sportart sicherer geschützt werden. Ausfallzeiten in Training und Wettkampf könnten dadurch reduziert werden.

Konstruktion der Testapparatur

Das Grundprinzip der Kraffteinleitung besteht beim Sprunggelenkarthrometer (SGA) in einem angebrachten elektrisch betriebenen Hubzylinder.

Durch 2 Steuerungstasten kann die Richtung des Antriebs auf „ziehen“ oder „schieben“ gestellt werden. Durch den automatischen Kraftbegrenzer wird verhindert, dass die Kraft den eingestellten Wert überschreitet. Eine Elektronik, die aus dem DMS Kraftsensor ein entsprechendes analoges Meßsignal generiert, schaltet den Motorstrom aus sobald der auf der Frontplatte angewählte Kraftbereich erreicht wird. Gleichzeitig dient dies auch als Kraftanzeige auf dem Display auf der Frontplatte. Die einstellbaren Kraftbereiche liegen zwischen 50 und 250 Newton. Bei der Bewe-

gung des Schlittens wird mit Hilfe eines Linearpotentiometers der Weg gemessen und auf einem Display in 0 - 100 mm angezeigt. Beide Messsignale *Kraft* und *Weg* stehen per BNC Buchse analog 0 - 5 V zur Verfügung. Zusätzlich wurde an der Messapparatur noch eine magnetische Abschaltung angebracht, welche mit Hilfe eines 10-Gang-Potentiometers in den Bereichen von 0 - 250 Newton eingestellt werden kann. Dabei wird bei Erreichen der Zielkraft der Strom im Elektromagnet und somit auch die Krafterleitung in Zugrichtung unterbrochen.

Methode

Neun anatomische im Knie exartikulierte Präparate haben eine Stabilitätsprüfung anhand der entwickelten Testapparatur durchlaufen. In der belasteten Situation (Talusvorschub) wurde zunächst eine seitliche Röntgenaufnahme des Sprunggelenkes im Testapparat angefertigt. Die Untersuchung wurde mit 50 N, 100 N, 150 N und 200 N wiederholt. Anschließend wurde in drei Schritten das Ligamentum fibulotalare anterius, das Ligamentum fibulocalcaneare und das Ligamentum fibulotalare posterior durchtrennt und die Testreihe jeweils wiederholt. Die röntgenologisch ermittelten Werte wurden mit den direkt am Präparat (SGA digital) gemessenen Instabilitätswerten statistisch verglichen. Zur Berechnung des Weges (mm) wurden jeweils der Nullwert und das Plateau nach dem Weganstieg bestimmt. Zur Quantifizierung der Stiffness wurden jeweils die lineare Steigung zwischen 25 N und 45 N errechnet.

Statistische Auswertung

Die Daten wurden aufgrund der kleinen Fallzahl und der nicht zu erwartenden Normalverteilung mit parameterfreien statistischen Methoden analysiert. Median und Range wurden als deskriptive Statistik angegeben. Zur Überprüfung des linearen Zusammenhangs zwischen den Instabilitätswerten und den Messvariablen für den Bereich der 0° Sprunggelenkeinstellung und 50 N Zugbelastung wurden Spearman-Korrelationen errechnet (Sprunggelenkarthrometer-Röntgen (SGA) vs. Sprunggelenkarthrometer-Weg, Sprunggelenkarthrometer Röntgen vs. Telos Röntgentechnik und Sprunggelenkarthrometer Weg vs. Telos Röntgentechnik). Werte ab einer Korrelation von $r > 0.7$ wurden als Gütekriterium für einen annehmbaren linearen Zusammenhang definiert.

Ergebnisse

Anatomische Präparate

Neun Versuchpräparate wurden von vier weiblichen und drei männlichen Leichen im Alter von $88,7 \pm 5,3$ Jahren entnommen. Es handelt sich um fünf rechte und vier linke Beine.

Sprunggelenkarthrometer

Die Auswertung in Bezug auf den Gesamtweg (mm) des digitalen Sprunggelenkarthrometers zeigt für alle Sprunggelenkeinstellungen (0° - 30°) und eingesetzten

Zugkräfte (50 N - 200 N) jeweils Medianwerte mit einem hohen Range, so dass davon auszugehen ist, dass die Ergebnisse der einzelnen Präparate eher individuell zu betrachten sind.

Dennoch zeigen die Medianwerte der verschiedenen Sprunggelenkeinstellungs- und Zugbelastungen, dass der Weg (mm) mit zunehmender Instabilisierung zunimmt. Die deutlichste Differenzierung zwischen den einzelnen Instabilisierungsgraden, abhängig von den eingesetzten Zugkräften liegt bei 0° 50 N (Abb. 1).

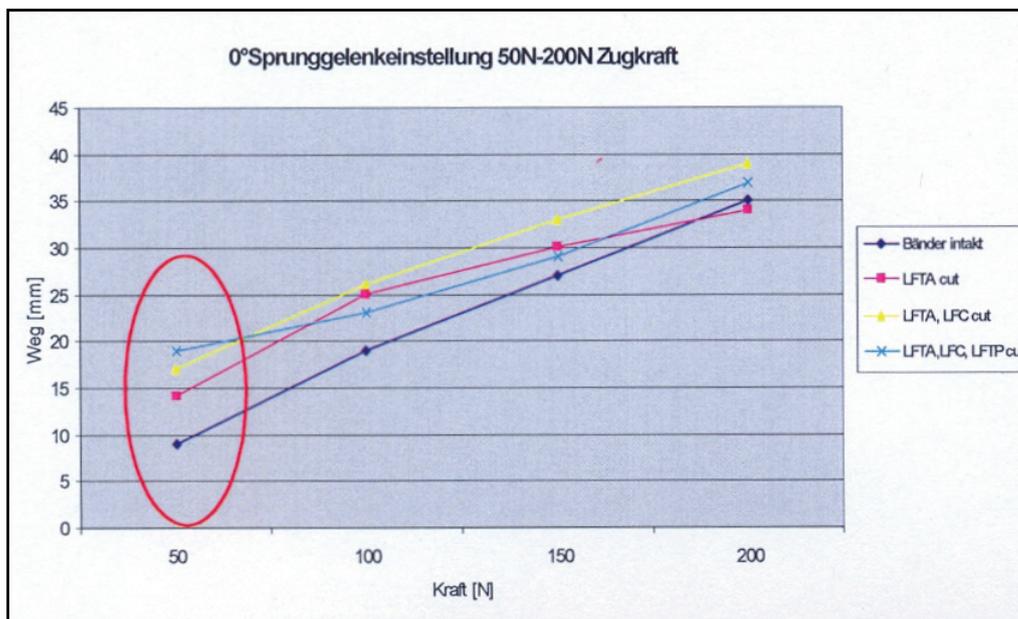


Abb. 1: Verlauf der Sprunggelenkinstabilität nach sukzessiver Durchtrennung der Bänder Ligamentum fibulotalare anterius (LFTA), Ligamentum fibulocalcaneare (LFC) und Ligamentum fibulotalare posterior (LFP) sowie eingeleiteten Zugkräften von 50 N - 200 N. Dargestellt ist jeweils der Medianwert.

Die Korrelation der 0° Sprunggelenkeinstellung und 50 N Krafteinleitung ergeben für die Messvariablen Sprunggelenkarthrometer (SGA)-Röntgen vs. Sprunggelenkarthrometer-Weg und Telos Werte von $r = -0,63$ bis $0,71$ (Tab.1).

Tab. 1: *Korrelationsmatrix der Testreihe für den Sprunggelenkarthrometer Röntgen (SGARöntgen), Telos und dem Sprunggelenkarthrometer digital. Angegeben ist jeweils der r-Wert.*

	SGA digital Bänder intakt	SGA digital LFTA cut	SGA digital LFTA, LFC cut	SGA digital LFTA, LFC, LFTP cut
Telos Bänder intakt	-0,63			
Telos LFTA cut		-0,18		
Telos LFTA, LFC cut			0,24	
Telos LFTA, LFC, LFTP cut				0,47
SGA Röntgen Bänder intakt	-0,51			
SGA Röntgen LFTA cut		0,08		
SGA Röntgen LFTA, LFC cut			0,71	
SGA Röntgen LFTA, LFC, LFTP cut				-0,03

Röntgenologische Bestimmung des Talusvorschubes unter Verwendung des Telos und SGA Gerätes

Die Ergebnisse der röntgenologisch bestimmten Instabilität unter Verwendung der Telos- Apparatur und Sprunggelenkarthrometer zeigen eine stetige Zunahme der Instabilität des oberen Sprunggelenkes nach zunehmender Instabilisierung durch sukzessive Durchtrennung der verschiedenen Ligamenti des oberen lateralen Kapselbandapparates. Diese Verteilung ist bei allen eingeleiteten Zugkräften (50 - 200 N) zu beobachten.

Die röntgenologisch gemessenen Talusvorschubwerte bei 0° Sprunggelenkeinstellung und 50 N Kraffteinleitung zeigen zwischen den Messvariablen Telos und Sprunggelenkarthrometer Röntgen Korrelationen von $r = 0,73$ bis $0,94$ (Tab. 2).

Tab. 2: *Korrelationsmatrix der röntgenologischen Testreihe. Angegeben ist jeweils der r-Wert.*

	SGA Röntgen Bänder intakt	SGA Röntgen LFTA cut	SGA Röntgen LFTA, LFC cut	SGA Röntgen LFTA, LFC, LFTP cut
Telos Bänder intakt	0,94			
Telos LFTA cut		0,80		
Telos LFTA, LFC cut			0,74	
Telos LFTA, LFC, LFTP cut				0,73

Steigungsberechnungen bei 0° Sprunggelenkeinstellung

Die Ergebnisse der Steigungsberechnungen (Stiffness) zur unterstützenden Verifizierung einer geeigneten Zugkraft lassen erkennen, dass sich mit zunehmender Instabilisierung des lateralen Kapselbandsystems die Stiffness reduziert (4,4 - 2,6) und somit die Kurven bei zunehmender Instabilisierung des Gelenkes flacher verlaufen. Die deutlichste Differenzierung zwischen stabilem, lateralem Kapselbandapparat (Bänder intakt) und instabilisierten oberem Sprunggelenk (Bänder durchtrennt) ist bei 50 N möglich (4, 2 - 3, 9).

Diskussion

Das Ziel der in vitro Testreihe mit dem Sprunggelenkarthrometer war, dass

1. mit der Testapparatur bei sukzessiver Durchtrennung in der Außenbandstrukturen am Sprunggelenk zunehmende Instabilitätswerte gemessen werden können,
2. sich eine geeignete Zugkraft anhand der neun Leichenpräparate in vitro bestimmen lässt,
3. die röntgenologisch objektivierte Instabilität mit den Messwerten, die die neue Testapparatur liefert, korrespondiert.

Durch die in vitro Testreihe an neun Leichenpräparaten kann nachgewiesen werden, dass bei zunehmender Instabilisierung des lateralen Kapselbandapparates, die Instabilitätswerte sowohl röntgenologisch bestimmt als auch digital gemessen (Sprunggelenkarthrometer) zunehmen. Die geeignete Einstellung zur Talusvorschubmessung mittels Sprunggelenkarthrometer scheint bei 0° Sprunggelenkeinstellung und 50 N Kraffteinleitung erreicht. Die durch die neue Testapparatur erhobenen röntgenologischen Talusvorschubwerte korrelieren mit den Messwerten der Telos Diagnostik. Die Ergebnisse der Testreihe korrelieren nicht zwischen Sprunggelenkarthrometer digital und den röntgenologisch bestimmten Instabilitätswerten. Es ist nun ein in vivo Projekt geplant, bei dem mit einer hohen Fallzahl Normwerte generiert werden können.

Literaturverzeichnis

- Martin, D.E., Kaplan, P.A., Kahler, D.M., Dussault, R. & Randolph, B.J. (1996). Retrospective evaluation of graded stress examination of the ankle. *Clinical orthopaedics and related research*, 165-170.
- Steinbrück, K. (1987). Epidemiologie von Sportverletzungen. 15-Jahres-Analyse einer sportorthopädischen Ambulanz (Epidemiology of sports injuries. A 15 year analysis of sports orthopedic ambulatory care). *Sportverletzung Sportschaden*, 1 (1), 2-12.

