

---

## Entwicklung eines Verfahrens zur komplexen, neuromuskulären und mechanischen Diagnostik des Kniegelenkes

H. Lohrer (Projektleiter)<sup>1</sup>, A. Gollhofer (Projektleiter)<sup>2</sup>, W. Alt<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sportmedizinisches Institut Frankfurt am Main

<sup>2</sup>Universität Stuttgart

Institut für Sportwissenschaft

<sup>3</sup>TÜV Product Service, München

VF 0407/01/22/98

### 1 Problem

- Neben dem Sprunggelenk ist das Kniegelenk die verletzungsanfälligste Struktur des Stütz- und Bewegungsapparates im Sport.
- Kniegelenkverletzungen führen im Leistungssport zu einer erheblichen Belastung der Kostenträger.
- Kniegelenkverletzungen führen im Leistungssport zu teilweise erheblichen Ausfällen in Training und Wettkampf und reduzieren so den sportlichen Erfolg.

Die Evaluierung der Behandlungskonzepte am bandverletzten Kniegelenk (GOLLHOFER et al., 1999) stützte sich bisher nahezu ausschließlich auf die Untersuchung der mechanischen Stabilisierungseigenschaften (KIM, 1995). Oberstes Kriterium war dabei die mechanische Stabilität (FRANK & JACKSON, 1997).

Die Frage des Zusammenhanges zwischen funktioneller und mechanischer Stabilität beziehungsweise Instabilität ist am Kniegelenk noch unzureichend untersucht.

Eine aktive Sicherung des Kniegelenkes muss angestrebt werden. Für die primäre und sekundäre Prävention von Knieverletzungen im Leistungssport muss ein Konzept entwickelt werden, mit dem eine Reduktion der Kniegelenkverletzungen erreicht wird.

Mit dem vorgelegten Projekt soll die Frage beantwortet werden, ob durch ein propriozeptives Training das komplexe motorische System unter Einschluss reflektorischer, neuromuskulärer und koordinativer Komponenten verbessert werden kann.

### 2 Methode

Der modifizierende Einfluss der kontrollierten Bedingungen barfuß, semirigid (Aircast) und rigid (Skistiefel) fixiert sollte in einem Trainingsexperiment durch einen komplexen

Ansatz erfasst werden. Für den im Rahmen des Trainingsexperimentes durchgeführten Eingangs- und Ausgangstest waren insgesamt vier Stationen vorgesehen:

- Station 1: isometrische Maximalkraft
- Station 2: polysynaptische Reflexaktivität (Verletzungssimulation)
- Station 3: posturale Stabilisierungsfähigkeit im Einbeinstand (Posturomed®)
- Station 4: monosynaptische Reflexaktivität (Tibiatranslation)

An der Durchführung des Pilotversuches nahmen 69 Sportstudenten teil. Die Durchführung des Trainings erfolgte nur unter Aufsicht des Versuchsleiters nach exakter Instruktion und nach einem festgelegten Trainingsplan.

Als Übungsgeräte wurden Kippbrettchen, Therapiekreisel, Posturomed® und Airexmatte® eingesetzt. Die Übungsdauer für die Probanden betrug 40 Minuten, die Anzahl der Trainingseinheiten betrug 16 (vier pro Woche).

### **3 Ergebnisse**

Eine Veränderung des Maximalkraftwertes (Station 1) der Beinstreckmuskelschlinge ist nach dem vierwöchigen propriozeptiven Training nicht zu verzeichnen. Die Trainingsbedingungen barfuß, Aircast und Skischuh unterscheiden sich hinsichtlich dieser Kennwerte nicht.

Die Verbesserungen des Kraftanstiegs (Zeitraum bis zum Erreichen der halben Maximalkraft) sind in allen drei Untersuchungsgruppen eindeutig nachweisbar. Die barfußig Trainierenden und die Probanden, die mit dem Skistiefel trainierten, zeigten diesen Effekt besonders deutlich.

Der Mechanismus des Verletzungssimulators (Station 2) induziert am Kniegelenk eine Valgusbewegung, die mit einer tibialen Außenrotation gekoppelt ist. Es ergibt sich so eine relative femorale Innenrotation bezogen auf die Tibia.

Mit dem Torsionsgoniometer gemessen, erreicht diese tibiale Außenrotation in den drei Untersuchungsgruppen acht bis neun Grad. In der Nachuntersuchung erhöhen sich die Werte geringfügig auf zehn bis zwölf Grad in allen Untersuchungsgruppen. Gruppenspezifische Unterschiede bestehen nicht.

Auch die Maximalwerte der Valgusbewegung im Kniegelenk sind nach dem vierwöchigen Experimentaltraining etwas höher. Eine Gruppenspezifität besteht nicht. Die Analyse des Winkel-Zeit-Verlaufes ergibt für den Bereich der reflektorischen Bewegung keine Verän-

derung. Während der willkürlich kontrollierten Phase, etwa nach 120 ms, kommt es in allen Gruppen zu einer eindeutigen Zunahme der Valgusbewegung.

Die Elektromyogramme einzelner Muskeln weisen durchgängig Steigerungen der polysynaptischen Reflexaktivität auf. Eine spezifische Ausprägung dieses Effektes durch eine spezielle Sprunggelenkfixation während der Trainingsphase ist nicht vorhanden.

Eine Verbesserung der Standsicherheit kann auf dem Posturomed® (Station 3) gezeigt werden. Die Reduktion des zurückgelegten Gesamtweges ist jedoch nicht abhängig von der Art der Sprunggelenkfixation. Tendenziell sind die Ergebnisse nach barfüßigem Training besser als nach rigider Fixation.

### iEMG Knie pro Weg bei 40 Sekunden

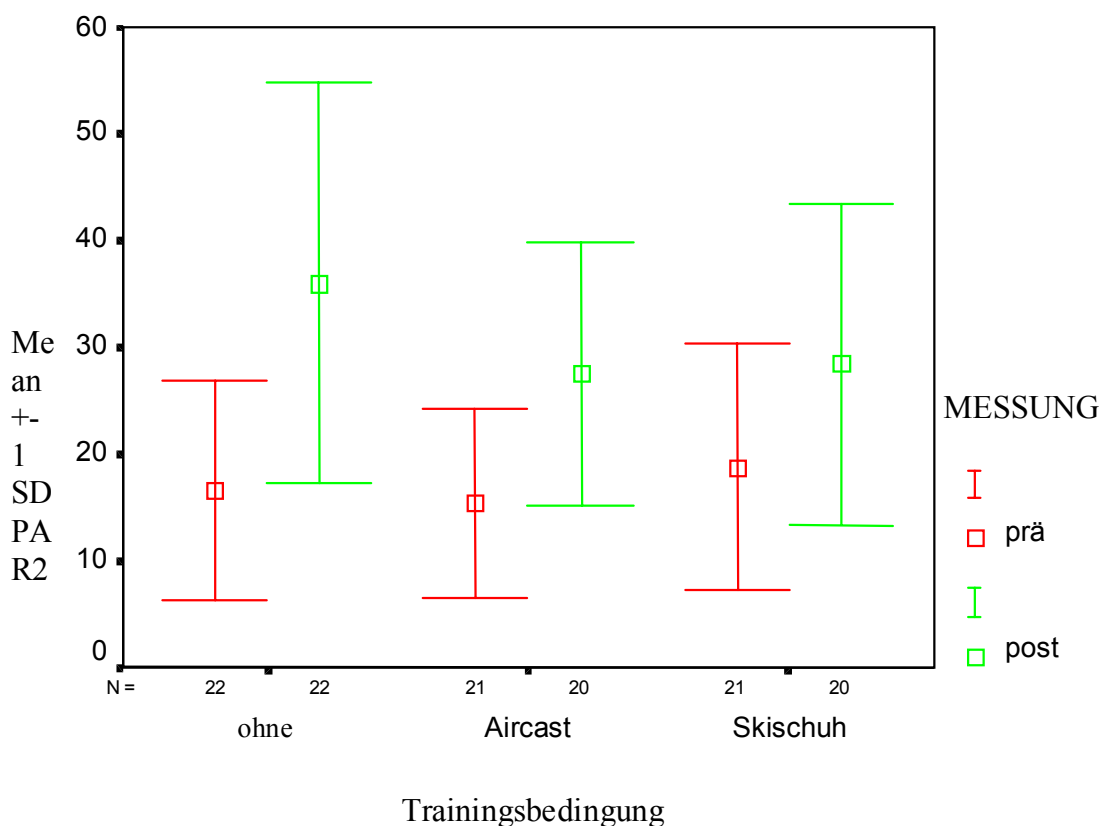


Abb. 1: Relative Muskelaktivität im 40 sec Test auf dem Posturomed®

Die muskuläre Aktivität auf dem Posturomed® wird, im Verhältnis zur zugrundeliegenden Bewegung, nach der propriozeptiven Trainingsphase in allen Gruppen erhöht. Dieser Befund ist bei der barfuß trainierenden Gruppe vergleichsweise höher ausgeprägt. Hinsichtlich dieser Ergebnisse findet sich kein Unterschied zwischen den knie- und den sprunggelenkstabilisierenden Muskeln (Abb. 1).

Die ventrale Auslenkung der Tibia bei der dynamischen Tibiatranslation (Station 4) weist bei allen Testgruppen eine Verbesserung auf, die durchschnittlich 1,5 mm (Skischuhgruppe), 0,7 mm (Barfußgruppe) und 0,4 mm (Aircastgruppe) beträgt. Die Verbesserung der Skischuhgruppe erreicht das Signifikanzniveau.

## $\Delta\%$ -Verbesserungen

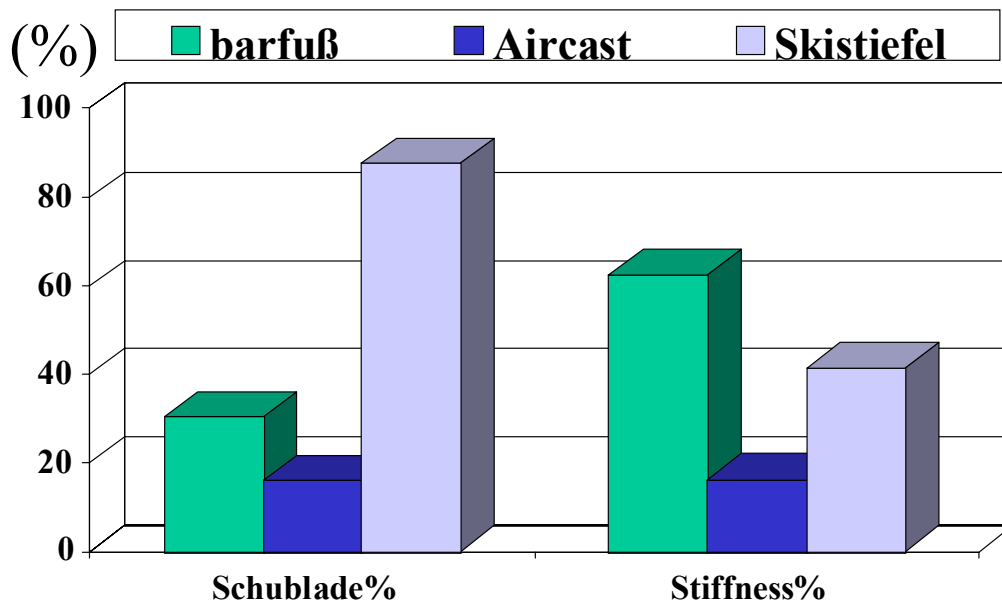


Abb. 2: Prozentuale Verbesserungen der beiden Messparameter der dynamischen Tibiatranslation

Relativiert auf die jeweils erforderliche Zugkraft beim Erreichen der maximalen Tibiaauslenkung bei der dynamischen Tibiatranslation (Stiffness) findet sich eine Verbesserung der Werte nach dem vierwöchigen Experimentaltraining (Abb. 2) zwischen 20 (Aircastgruppe) und 40 N/mm (Barfußgruppe).

## 4 Diskussion

Der positive Einfluss des Trainingsprogrammes kann bezüglich der zur Verfügung stehenden Messgrößen als gesichert angesehen werden. Offenbar kann diese Trainingsmaßnahme selbst im mechanischen Bereich (Stiffness, Winkelwerte am Knie) relevante Änderungen hervorrufen, die einer Verletzung entgegenwirken können. Dieser Befund ist unerwartet, aber eindeutig.

Neuromuskuläre Parameter (Standstabilität, Kraftanstieg, relative reflektorische Muskelaktivität) dagegen haben sich erwartungsgemäß verbessert. Dabei sind sowohl die will-

kürlichen Phasen, als auch die kurzfristigen Regulationen im Rahmen mono- und polysynaptischer Reflexe gesteigert, was für einen präventiven Nutzen spricht.

Liegt eine Sprunggelenkverletzung vor, so kann der Schutz des Gelenkes vor weiteren traumatisierenden Kräften durch eine Sprunggelenkorthese (z.B. Aircast) auch während des Trainings erfolgen, ohne dadurch einen relevanten Verlust an Trainingswirkung erwarten zu müssen.

Das dargestellte und in dieser Untersuchung evaluierte propriozeptive Trainingsprogramm ist nach den vorliegenden Daten hocheffizient im Sinne der Anforderungen einer präventiven Funktion.

Wiederholungszahlen und Pausenlängen sowie Gesamtbelastungszeiten basieren auf Erfahrungswerten. Vergleichende wissenschaftliche Daten zu diesen Fragestellungen sind anschließenden Projekten vorbehalten.

## **5 Literatur**

- GOLLHOFER, A.; ALT, W.; LOHRER, H.: Prevention of excessive forces with braces and orthotics. In: NIGG, B.M.; HERZOG, W. (eds.): Handbook of Sports Science. Champaign (IL), Human Kinetics 2000 (im Druck)
- KIM, S.-J.; KIM, H.-K.: Reliability of the Anterior Drawer Test, the Pivot Shift Test, and the Lachman Test. *Clin. Orthop. Rel. Res.* 317 (1995), 237-242
- FRANK, C.; JACKSON, D.W.: The Science of Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament. *JBSJ* 79-A (1997), 1556-1576

