

AKUTE BIOMECHANISCHE EFFEKTE EINER KNIEBANDAGE BEI MUSKULÄR ERMÜDETEN SPORTLERN MIT VERLETZUNGSHISTORIE

Heß, T., Milani, T., L., Stoll, J., Mitschke C.*

EINLEITUNG

Knieverletzungen zählen zu den häufigsten Gelenkverletzungen im Sport und betreffen Strukturen wie Bänder, Menisken, Knorpel und Knochen. Nach solch einem Ereignis kann das Knie instabil bleiben, insbesondere unter muskulärer Ermüdung, was das Risiko einer Wiederverletzung signifikant erhöht. Kniebandagen, wie die Sports Knee Support von Bauerfeind AG, sollen durch mechanische Unterstützung und Kompression die Gelenkstabilität verbessern und propriozeptive Reize setzen. Bisherige Studien konzentrierten sich primär auf vordere Kreuzbandrisse (ACL) und vernachlässigten andere Knieverletzungen sowie den Einfluss durch muskuläre Ermüdung. Diese Studie untersucht daher die akuten biomechanischen Effekte des Tragens einer Kniebandage bei sportlich aktiven Personen mit einer Historie verschiedener einseitiger Knieverletzungen unter muskulärer Ermüdung. Es wird angenommen, dass das Tragen der Kniebandage positive Effekte auf die Biomechanik des verletzten Beins hat, wobei die Stabilität des Kniegelenks in der Bewegung erhöht und Schmerzen gemindert werden.

METHODIK

Studieninstitut

Professur Bewegungswissenschaft
Fakultät für Human- und Sozialwissenschaften,
Technische Universität Chemnitz

Probanden

50 sportlich aktive Personen ($33,5 \pm 9,6$ Jahre; 31 männlich, 19 weiblich) mit einseitigen Knieverletzungen in den letzten 1–10 Jahren nahmen teil. Verletzungstypen umfassten Bänderrisse, Meniskusschäden, Knorpeldefekte, Frakturen und unspezifische Schmerzen.

Testprotokoll

Nach einem standardisierten Ermüdungsprotokoll (u.a. Sprünge, Ausfallschritte, Wall Sit, usw.) wurden folgende Bewegungsaufgaben durchgeführt:

- **Laufen**
- **Counter-Movement-Jumps¹ (CMJ)**

Die Tests erfolgten unter drei Bedingungen:

1. gesundes Bein,
2. verletztes Bein ohne Bandage,
3. verletztes Bein mit Bandage (Sports Knee Support, Bauerfeind AG).

Erfasst wurden biomechanische Parameter mittels 3D-Motion-Capturing und Kraftmessplatte sowie subjektive Angaben zur Schmerz- und Stabilitätswahrnehmung (Visuelle Analogskala [VAS]).

ERGEBNISSE

Subjektive Bewertung

Die subjektiven Einschätzungen der Probanden zeigten, dass das Tragen der Kniebandage während des Laufens zu einer signifikanten Reduktion der Schmerzempfindung führte. Auf der VAS (0 = kein Schmerz, 10 = extremer Schmerz) sank der Mittelwert von $2,1 \pm 1,4$ ohne Bandage auf $1,9 \pm 1,3$ mit Bandage ($p = 0,004$; $d = 0,15$), was einer relativen Reduktion von 9,5% entspricht. Im Sprungtest blieb die Schmerzbewertung mit durchschnittlich $2,2 \pm 1,4$ konstant, unabhängig vom Einsatz der Bandage. Die wahrgenommene Stabilität beim Laufen verbesserte sich von $2,0 \pm 1,4$ auf $1,8 \pm 1,3$, (0 = sehr stabil, 10 = sehr instabil) wobei der Unterschied statistisch nicht signifikant war ($p = 0,125$).

* Running and Jumping After Muscle Fatigue in Subjects with a History of Knee Injury: What Are the Acute Effects of Wearing a Knee Brace on Biomechanics?
Bioengineering 2025, 12, 661. <https://doi.org/10.3390/bioengineering12060661>

Motorik

Laufen

Die durchschnittliche Laufgeschwindigkeit betrug $3,3 \pm 0,4$ m/s. Im Vergleich zum gesunden Bein zeigte das verletzte Bein ohne Bandage ein signifikant geringeres maximales Knieabduktionsmoment² ($1,91$ Nm/kg vs. $1,70$ Nm/kg; $p = 0,015$; $d = 0,39$) was rund 10,9 % entspricht (Abb. 1b).

Das Tragen der Kniebandage führte bei der verletzten Seite zu mehreren signifikanten Veränderungen. Das maximale Kniebeugemoment (Knieflexionsmoment³) stieg von $1,90$ Nm/kg ohne Bandage auf $2,24$ Nm/kg mit Bandage ($p = 0,001$; $d = 0,46$), ein Anstieg von ca. 17,9 % (Abb. 1a). Gleichzeitig sank das Knieabduktionsmoment mit Sports Knee Support um 10,5 % gegenüber der ungestützten Bedingung (von $1,70$ auf $1,52$ Nm/kg; $p = 0,006$; $d = 0,31$) (Abb. 1b).

Besonders deutlich fiel die Reduktion der maximalen medio-lateralen Kniebeschleunigung⁴ aus: Diese sank von $15,94$ m/s² auf $9,20$ m/s² ($p < 0,001$; $d = 1,10$), was einer Reduktion um 42,2 % entspricht (Abb. 1c). Die Bodenkontaktzeit reduzierte sich ebenfalls leicht, von $257,1$ ms auf $253,8$ ms ($p = 0,015$; $d = 0,10$), ein Rückgang von ca. 1,3 %.

CMJ

Im Vergleich zum gesunden Bein zeigte das verletzte Bein beim CMJ eine reduzierte maximale Knieflexion ($77,1^\circ$ vs. $74,4^\circ$; $p = 0,015$; $d = 0,12$), ein Unterschied von 3,5 %. Mit Sports Knee Support konnte dieser Wert gegenüber dem verletzten Bein ohne Bandage jedoch auf $79,2^\circ$ gesteigert werden ($p < 0,001$; $d = 0,21$), was einer relativen Zunahme von 6,5 % entspricht (Abb. 2a). Das Tragen der Bandage führte zu weiteren signifikanten Verbesserungen in mehreren biomechanischen Parametern. Das maximale Kniebeugemoment stieg von $1,59$ Nm/kg (ohne Bandage) auf $1,73$ Nm/kg (mit Bandage; $p = 0,026$; $d = 0,23$), eine Erhöhung von ca. 8,8 % (Abb. 2b). Die maximale medio-laterale Kniebeschleunigung reduzierte sich mit Bandage von $11,10$ m/s² auf $7,18$ m/s² ($p < 0,001$; $d = 0,99$), entsprechend einer Abnahme um 26 % (Abb. 2c).

Die Sprunghöhe veränderte sich dagegen nur minimal: von $33,7 \pm 6,8$ cm ohne Bandage auf $33,2 \pm 6,8$ cm mit Bandage ($p = 0,007$), was einer nicht klinisch relevanten Abnahme von 1,5 % entspricht (klinisch relevant: $> 5\%$).

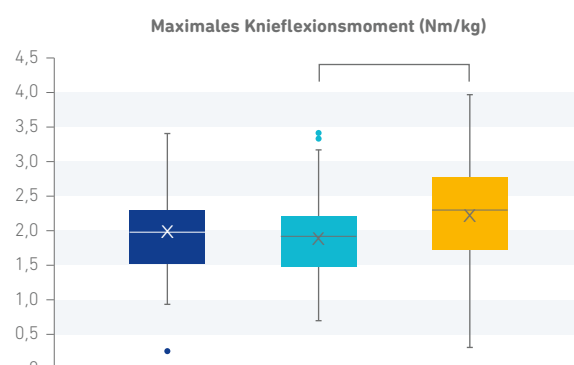


Abb. 1a: Maximales Knieflexionsmoment

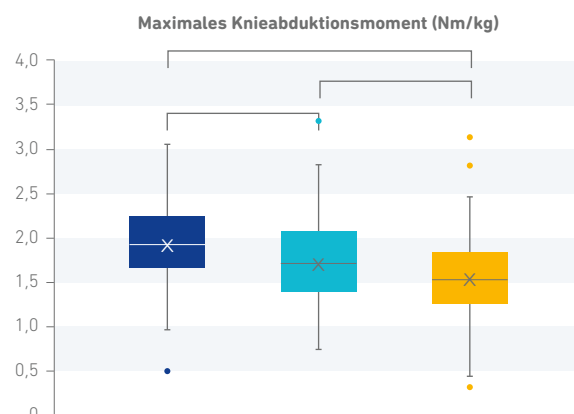


Abb. 1b: Maximales Knieabduktionsmoment

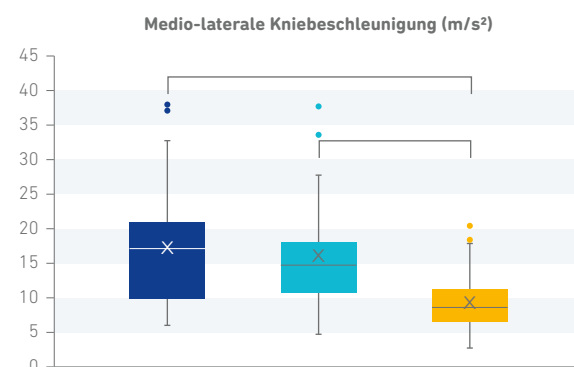


Abb. 1c: Medio-laterale Kniebeschleunigung

- gesundes Kniegelenk
- verletztes Kniegelenk ohne Bandage
- verletztes Kniegelenk mit Bandage

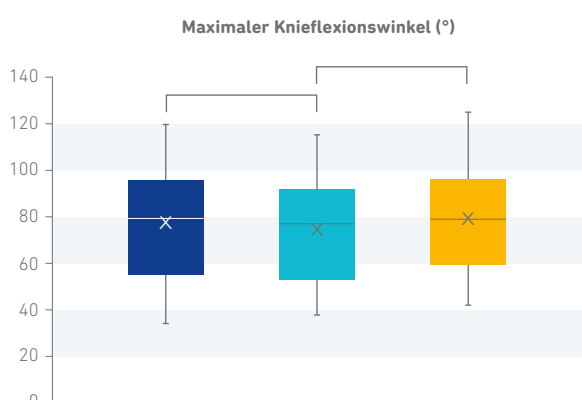


Abb. 2a: Maximaler Knieflexionswinkel

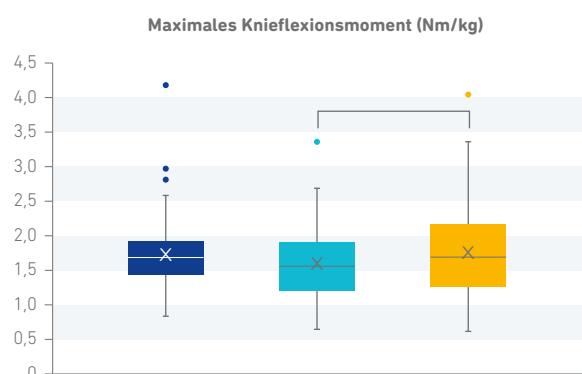


Abb. 2b: Maximales Knieflexionsmoment

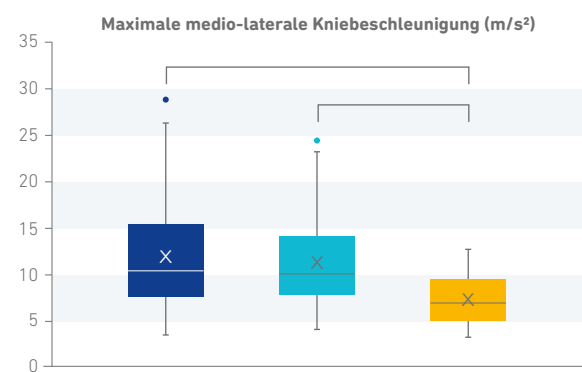


Abb. 2c: Maximale medio-laterale Kniebeschleunigung

- gesundes Kniegelenk
- verletztes Kniegelenk ohne Bandage
- verletztes Kniegelenk mit Bandage

SCHLUSSBETRACHTUNG

Die Studie bestätigt die Hypothese, dass eine Kniebandage unter muskulärer Ermüdung biomechanisch positive Effekte auf das verletzte Bein hat. Besonders hervorzuheben ist die signifikante Reduktion wirkender Beschleunigungen in der Frontalebene, was auf eine verbesserte Stabilisierung des Kniegelenks hindeutet. Die neuromuskuläre Führung durch die Bandagen spezifische Konstruktion (u. a. Kompressionsgestrick mit integrierter Silikonpelotte) trägt zur Kontrolle der Gelenkachsen bei.

In der Sagittalebene zeigte sich eine Normalisierung der Gelenkbelastung durch erhöhte Flexionsmomente und größere Kniebeugewinkel. Diese Veränderungen deuten auf eine bessere Funktion und dadurch möglicherweise mehr Vertrauen in Belastbarkeit des Gelenks hin. Die subjektiven Effekte (geringere Schmerzen, gesteigerte Stabilität) unterstützten diese Ergebnisse.

FAZIT

Das Tragen der Kniebandage (Sports Knee Support) bei muskulär ermüdeten, sportlich aktiven Personen mit einer Historie verschiedener einseitiger Knieverletzungen führt zu:

- **verbesserter Stabilität und Belastung in der Frontalebene** (geringeres Abduktionsmoment, geringere medio-laterale Beschleunigungen)
- **normalisierter Bewegung und Belastbarkeit in der Sagittalebene** (höhere Flexionsmomente, höhere Knieflexion)

→ STABILISIERUNG DES KNIEGELENKS IN DER BEWEGUNG

- subjektiv empfunden **weniger Schmerzen** und **verbesserte Stabilität**

Diese Ergebnisse sprechen für den gezielten Einsatz von Kniebandagen zur (Wieder-)Verletzungsprophylaxe im Sport, besonders unter muskulären Ermüdungsbedingungen.

Begriffsverzeichnis:

- ¹ In der Biomechanik bezeichnet ein **Counter Movement Jump (CMJ)** einen vertikalen Sprung, bei dem der Sportler zunächst eine schnelle Abwärtsbewegung (Eintauchen) macht, bevor er maximal nach oben abspringt.
- ² Beim **Knieabduktionsmoment** wirken Kräfte so, dass das Schienbein (Tibia) relativ zum Oberschenkel (Femur) nach lateral, also nach außen gedrückt wird. Beim Landen nach einem Sprung oder beim seitlichen Ausweichen kann ein hohes Knieabduktionsmoment auftreten. Es wird in der Sportmedizin oft mit einem erhöhten Risiko für vordere Kreuzbandverletzungen (VKB) in Verbindung gebracht.
- ³ Beim **Knieflexionsmoment** wirken Kräfte so, dass das Kniegelenk in Beugung (Flexion) gebracht wird. Das bedeutet: Kraftwirkung an der Tibia (Unterschenkel): Die resultierende Muskelkraft der Ischiocruralmuskulatur (Hamstrings) oder externe Kräfte (z.B. Gewichtskraft beim Landen) ziehen den Unterschenkel nach hinten relativ zum Oberschenkel. Dadurch entsteht ein Drehmoment, das das Knie beugen möchte.
- ⁴ In der Biomechanik bezeichnet die **maximale medio-laterale Kniebeschleunigung** die höchste gemessene Beschleunigung des Knies in der Frontalebene – also seitlich zur Körpermittellinie – während einer bestimmten Bewegung oder Belastung.