

Referent/in

Brüggemann, Gert Peter (Köln DE) | Prof. Dr.
Institut für Biomechanik und Orthopädie - Deutsche Sporthochschule

Titel

Der Effekt einer Fuß-Unterschenkel-Orthese auf die intraartikulären Lastverteilung im Kniegelenk: eine dynamische Studie am Präparat

Coauthors

Fischer MK, Sanno M, Rembitzki VI, Liebau C

Zusammenfassung

Die neuartige Agilium Freestep Orthese soll durch Applikation einer auf die distale Tibia nach medial wirkenden Kraft die Kontaktkraft im medialen Kniegelenk reduzieren. In einer dynamischen Kniebeugesimulation wird an Präparaten die Lateralisierung der Kontaktkraft durch die Orthese nachgewiesen.

Einführung

Die Mehrzahl degenerativer Erkrankungen des Kniegelenks findet sich auf dem medialen Kompartiment des Gelenkes (e.g. Felson et al. 2013). Das externe Adduktionsmoment am Kniegelenk ist für die erhöhte Belastung des medialen Kompartiments verantwortlich und wird als biomechanische Ursache für die Entstehung der medialen Gonarthrose gewertet. Konservative Behandlungsstrategien versuchen die Applikation gegendrehender Drehmomente durch Knieorthesen oder eine laterale Verschiebung des Angriffspunktes der Bodenreaktionskraft durch laterale Schuherhöhung. Eine dritte Strategie am anderen Wirkprinzip wird über die Agilium Freestep Orthese (Otto Bock Healthcare) angegangen (Schmalz et al. 2006, Fantini Pagani et al. 2013).

Ziel der vorliegenden experimentellen Studie ist zu prüfen, ob und inwieweit die Fuß-Unterschenkelorthese in der Lage ist, bei realistischen biomechanischen Randbedingungen die Kontaktkräfte am Kniegelenk umzuverteilen und auf dem medialen Kompartiment zu reduzieren.

Methodik

Neun frische Beinpräparate standen für die Untersuchung zur Verfügung. Alle Spenderbeine zeigten einen intakten Bandapparat und nur moderate Arthrosezeichen. Die Präparate wurden

in einem dynamischen Beinsimulator fixiert, der Kniebeuge-Streck-Bewegungen von 10° bis 80° unter realitätsnahen Bewegungs- und Kraftbedingungen gestattet. Die Knieextensions- und flexionsmuskeln wurden durch pneumatische Aktuatoren ersetzt, sodass für den Quadrizeps Kräfte von 500N und für die Hamstrings Kräfte von bis zu 300N appliziert werden konnten. Die resultierende Gelenkkraft lag mit über 800N und damit nahe der beim Gang auftretenden Kontaktkraft im Kniegelenk. Die 3D Kinematik der Beine wurde mittels eines 10 Kamera-Bewegungsanalyse-Systems (Vicon) quantifiziert. Die Kontaktkräfte, Kontaktdrücke und die Kontaktflächen wurden mit Hilfe von dünnen in das mediale und Laterale Kompartiment eingebrachte Messfolien (F-Scan) erfasst und synchron zur Bewegung von Femur, Tibia und Patella aufgezeichnet.

Ergebnisse

Die intraartikulären Kräfte im Kniegelenk zeigen sich streng von der Größe der wirkenden Muskelkräfte abhängig. Die realitätsnahe Variation der Kraft der Extensoren und der medialen und lateralen Hamstrings hat einen größeren Einfluss auf die Kontaktkraft im Kniegelenk als die Gewichtskraft. Im Experiment konnten intraartikuläre Kniekräfte von $>800\text{N}$ gemessen werden. Die medialen Gelenkkräfte werden strecknah (15° Flexion) im Mittel um 12% durch die Orthese reduziert. Einzelfälle zeigen eine Reduktion der medialen Kontaktkraft von deutlich über 25% bei Anlage der Fuß-Unterschenkel-Orthese. Die korrespondierende Zunahme der Kontaktkraft auf dem lateralen Tibiaplateau bei Applikation der Orthese findet sich bei ca. 25%. Mit zunehmender Beugstellung des Kniegelenks werden die Umverteilungseffekte von medial nach lateral durch die Orthese deutlich geringer und letztlich bei tieferer Beugung marginal. Der mittlere Druck zeigt sich im medialen und lateralen Kompartiment bei geringen Muskelkräften ($<50\text{N}$) nahezu identisch und wurde mit $<500\text{kPa}$ bestimmt. Bei größeren Muskelkräften (Quadrizeps: 500N; Hamstrings: 300N) steigt der mittlere Druck bis auf 3MPa bei lokalen Sitzendrücken von fast 10MPa. Ohne Orthese ist der mittlere Druck medial signifikant höher als auf dem lateralen Kompartiment; mit der Orthese gelingt eine mediale Druckreduktion zumindest strecknah von im Mittel 50% bei geringen Muskelkräften und von im Mittel 20% bei größeren Muskelkräften.

Schlußfolgerung

Muskelkräfte haben einen größeren Einfluss auf die intraartikuläre Kraft und die Kraftverteilung im Kniegelenk als die Gewichtskraft. Die Kraftverteilung ist abhängig von der Knieflexion. Die mittleren und maximalen Kontaktdrücke sind zum Teil extrem hoch und mit lokal von über 10Mpa geeignet, eine Schädigungsrisiko darzustellen. Die untersuchte Orthese ist geeignet und in der Lage, zumindest im strecknahen Kniewinkelbereich von 10°-25° die auf dem medialen Kompartiment wirkende Kontaktkraft signifikant zu reduzieren und auf dem lateralen Gelenkareal zu erhöhen. Die Effekte der Orthese sind hoch individuell und von der Geometrie und den mechanischen Eigenschaften der Weichteile von Sprunggelenk und Unterschenkel abhängig.

Die Wirksamkeit der Fuß-Unterschenkel-Orthese mit Applikation eines Drehmomentes in der Frontalebene auf die distale Tibia konnte nachhaltig und insbesondere für den Kniebeugebereich von 10° bis 25° gezeigt werden.

Der experimentelle Zugang gestattet dabei den Nachweis eines kausalen Zusammenhangs. Der gewählte Versuchsaufbau und die Verwendung des dynamischen Beinsimulators erweist sich zum Nachweis der Wirksamkeit der untersuchten Orthese in hohem Maße geeignet.

Literaturreferenzen

Fantini Pagani, C. H. et al. (2013). Effect of an ankle-foot orthosis on knee joint mechanics: A novel conservative treatment for knee osteoarthritis. *Prosthet Orthot Int*: 1-11

Felson, D.T. et al. (2013). Valgus Malalignment is a Risk Factor for Lateral Knee Osteoarthritis Incidence and Progression: Findings from MOST and the Osteoarthritis Initiative. *Arthritis Rheum*; 65(2): 355–362.

Schmalz T. et al. (2006). The influence of sole wedges on frontal plane knee kinetics, in isolation and in combination with representative rigid and semi-rigid ankle-foot-orthoses. *Clinical Biomechanics* 21: 631–639