

# Experimentelle computerbasierte Untersuchung der Wirkung von Orthesen auf das Iliosakralgelenk und dessen Bandapparat

Sichting, F.<sup>1</sup>; Rossol, J.<sup>2</sup>; Soisson, O.<sup>2</sup>; Klima, S.<sup>3</sup>; Milani, T.,<sup>1</sup>; Hammer, N.<sup>2</sup>

---

## Abstract

Der tief sitzende Rückenschmerz (ISG-Syndrom) ist ein klinisch häufig diagnostiziertes Krankheitsbild mit hohem Leidensdruck für die betroffenen Patienten und hoher sozioökonomischer Bedeutung. Im Zusammenspiel zwischen den Bändern und der Bewegung des hinteren Beckenrings findet sich eine mögliche Ursache von Schmerzsyndromen des Kreuzdarmbeingelenks (Iliosakralgelenk = ISG). Allerdings ist der Zusammenhang zwischen Form bzw. Morphologie und Funktion des ISG mit dem ISG-Syndrom bisher nur unzureichend untersucht worden. Beckenorthesen finden bereits breite Anwendung in der Therapie des ISG-Syndroms. Dennoch sind die von ihnen ausgehenden Effekte nur mangelhaft klinisch erklärbar und daher von experimentell-biomechanischem Interesse.

Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung der Wirkung von Beckenorthesen auf den osteoligamentären Beckenring anhand eines Computermodells unter Anwendung der Finiten Elemente Methode (FEM). Zur Erstellung des FEM-Beckenmodells wurden geometrische und mechanische Daten von Knochen, Knorpel und Beckenbändern implementiert (Abb. 1). Zusätzlich wurde die Orthese SacroLoc® der Firma Bauerfeind in das FEM-Computermodell integriert. Anschließend wurden die Beweglichkeit des ISG und die Belastung der Bänder des ISGs ohne Orthese und mit angelegter Orthese (Abb. 2) untersucht.

## Studiendesign

Experimentell-biomechanische in-siliko Studie

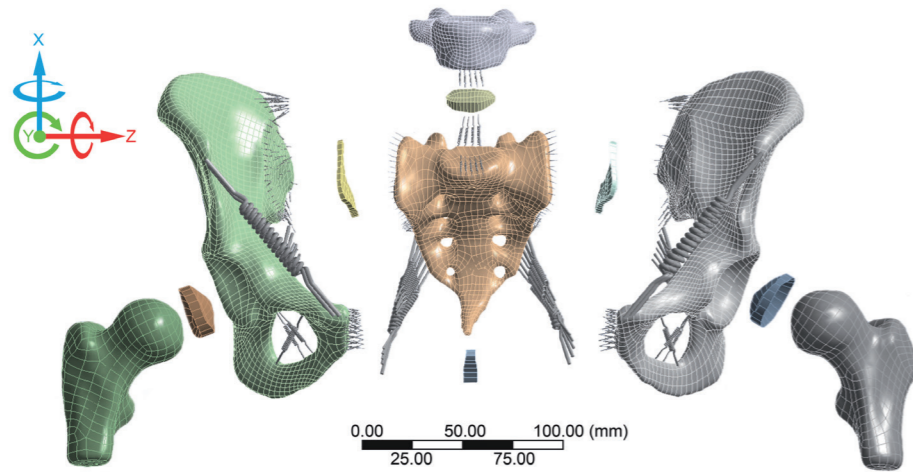
## Methodik

Stichprobe:	männliches Computermodell-Modell eines gesunden Probanden: 29 Jahre, 185 cm Körpergröße, 69 kg Körpergewicht; basierend auf Computertomographiedaten (Somatom Volume Zoom Scanner, Siemens AG, Erlangen Deutschland)
Testorthese:	Beckenorthese (SacroLoc, Bauerfeind)
Datenanalyse:	AMIRA 3.1.1 (VSG, Burlington, MA, USA), semiautomatische Segmentierung der Knochenbilddaten; Geomagic software solution, (Geomagic, Morrisville, USA), ANSYS Workbench (ANSYS Inc., Canonsburg, USA, Graphikprogramm, [Abb. 1])
Datenauswertung:	SPSS Version 20 (Armonk, USA); R Software (The „R“ Foundation for statistical Computing, Wien, Österreich); Shapiro-Wilk-Test für unabhängige Stichproben; Mann-Whitney-U Test; univariante Varianzanalyse (ANOVA); Varianzanalyse bei Signifikanzniveau von 5 Prozent
Testverfahren:	MRT (Magnetom Trio, Siemens AG, Erlangen, Deutschland), Elektromyographie (Bagnoli-8, Delsys Inc., Boston, USA), Ganganalyse

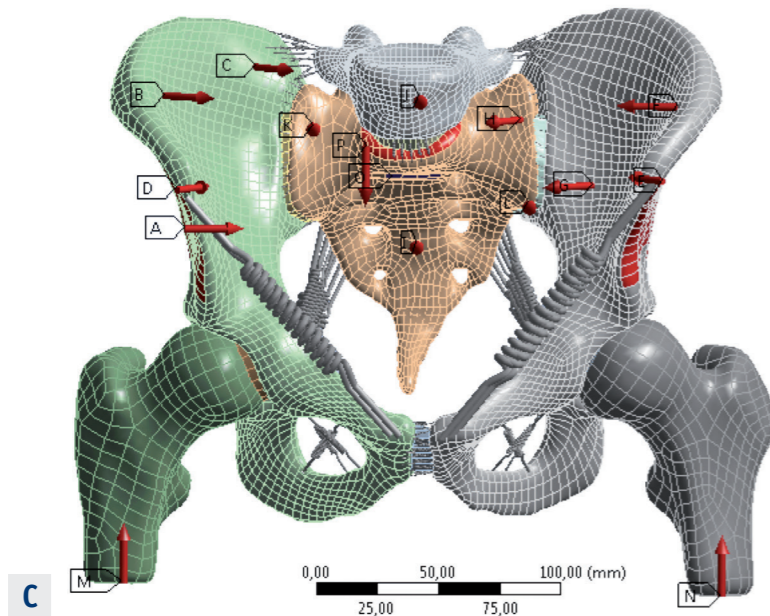
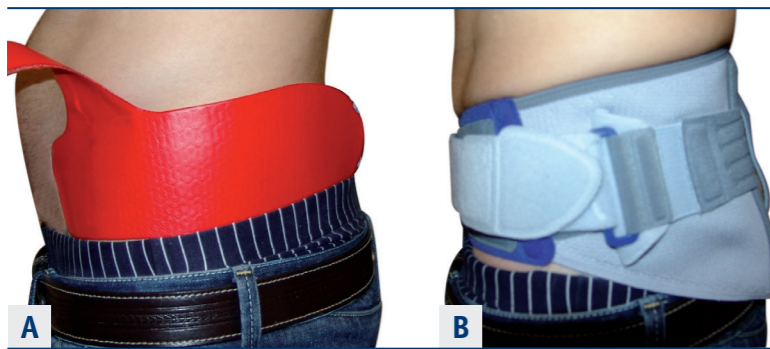
<sup>1</sup> Technische Universität Chemnitz, Bewegungswissenschaften, Chemnitz

<sup>2</sup> Universität Leipzig, Institut für Anatomie, Leipzig

<sup>3</sup> Universität Leipzig, Unfallchirurgie und Orthopädie, Leipzig



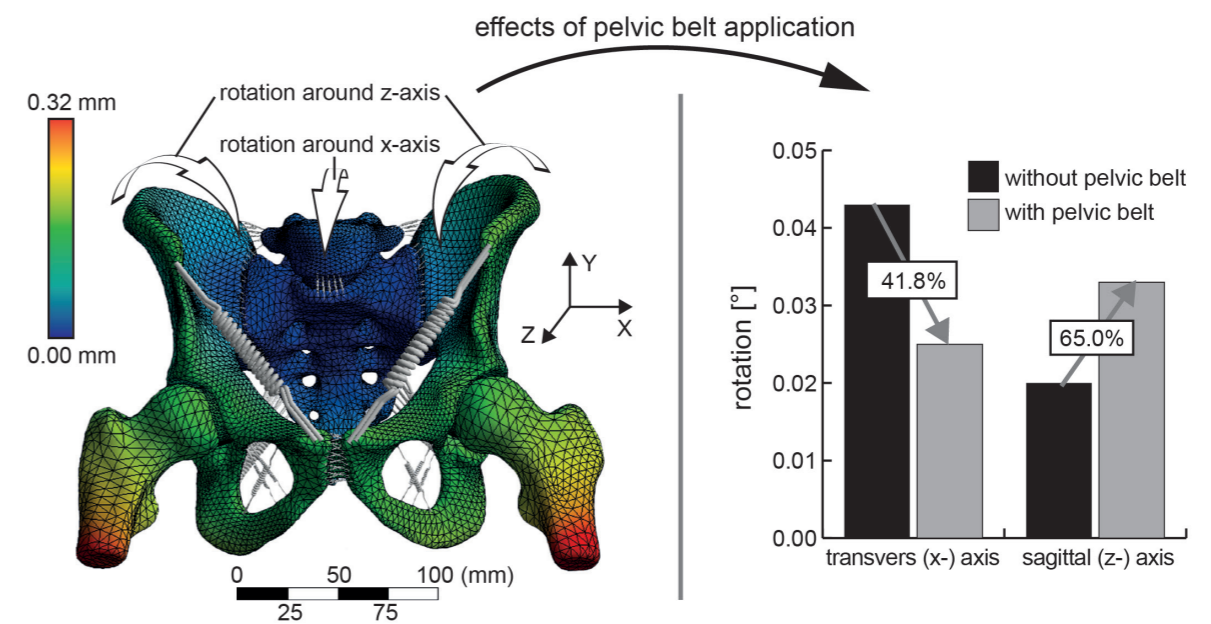
**Abb. 1:** Graphische Darstellung des mit der Finite-Elemente-Methode erstellten Beckenmodells in der Frontalansicht. Geometriedaten von Knochen und Knorpel stammen aus Computertomographiedaten eines 29-jährigen gesunden Mannes. Beide Hüftbeine, das Kreuz- und Steißbein, der 5. Lendenwirbel, die proximalen Anteile der Femora und die verbindenden Gelenkoberflächen wurden in das Modell integriert. Die geometrischen und mechanischen Daten der Bänder stammen aus Studien der Gruppe von Hammer et al., die sich ebenfalls mit dem ISG befassen.



**Abb. 2:** Daten zur Druckwirkung der Orthese SacroLoc wurden an einem 29-jährigen Mann mithilfe eines Pedar-Druckmesssystems erhoben. Die Abb. 2A und 2B zeigen die in-vivo Messanordnung. Abb. 2C bildet die resultierenden gemessenen Kräfte im Finite-Elemente-Beckenmodell ab (rote Pfeile entsprechen Kraftvektoren).

## Ergebnisse (Auswahl)

Anhand des Computermodells konnte die für das ISG charakteristische und durch Bandstrukturen geführte dreidimensionale Nutationsbewegung des ISG gezeigt werden (Abb. 3). Die Bewegungen des ISG sind minimal. Eine Rotation des ISG um die transversale (x-) und die sagittale (z-) Achse wurde beobachtet. Die von der Beckenorthese verursachte Kompression verursacht eine der Nutation entgegen gerichtete Bewegung (Gegennutation), die das Ausmaß der Bewegung am ISG einschränkt (Abb. 3). Unter Kompression durch die SacroLoc reduziert sich die Rotation um die transversale (x-) Achse um 42 Prozent. Die Bewegung um die sagittale (z-) Achse vergrößert sich um 65 Prozent. Gleichzeitig verstärkt die Anwendung von Beckenorthesen die transversale Kippung der Hüftbeine um 62 Prozent. Die durch SacroLoc verursachte Änderung der Kinematik zeigt auch, dass die Bänder des ISG messbar entlastet werden, allem voran die Sakrospinal- und Sakrotuberalbänder (-18 Prozent bzw. -14 Prozent der beobachteten Dehnung; Datentabelle nicht aufgeführt).



**Abb. 3:** Die Computersimulation zeigt die Bewegung des Kreuzdarmbeingelenks (ISG) unter Anwendung von Beckenorthesen. Im belasteten Zweibeinstand dargestellt wurde eine Bewegung des Kreuzbeindarmbeingelenks (ISG) in sagittaler (z-)Achse und transversaler (x-)Achse beobachtet. Bei Anlage der Beckenorthese wird die Bewegung des ISG in der transversalen Achse vermindert und in der sagittalen Achse erhöht. Das Gesamtausmaß der Rotation des ISG ist vermindert. Die Bänder des ISG sind mehrheitlich entspannt.

## Diskussion

Durch das Computermodell konnte aufgezeigt werden, dass die von der Beckenorthese verursachte Lasteinleitung eine Gegennutation am ISG einleitet und somit das Ausmaß der physiologischen Bewegung einschränkt. Dieser Effekt spiegelt sich auch in der Beanspruchung der an der Bewegung beteiligten Bänder wider. Die Dehnung der Bänder des hinteren Beckenrings als möglicher Ort nozizeptiver Elemente wurde überwiegend verringert. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass durch Beckenorthesen wie SacroLoc® Schmerzzustände am ISG infolge übermäßiger Beweglichkeit oder Belastung verringert und daher erfolgreich behandelt werden können. Die vorliegenden Daten stützen die Theorie, dass die Bandstrukturen des Beckens neben einer mechanischen Stabilisierung auch in die neuromuskuläre Stabilisierung des Beckenringes involviert sind. Die vorliegenden Daten stehen im Einklang mit bestehenden Studien zur Beweglichkeit des ISG und der Belastung der beteiligten Bandstrukturen.