

Aus der Klinik für Neurochirurgie
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. h. c. Mario Brock

**„Experimentelle und virtuelle Kinematik der axialen Torsion lumbaler
Bewegungssegmente“**

Habilitationsschrift
zur Erlangung der Venia legendi
für das Fach

Neurochirurgie

vorgelegt der Medizinischen Fakultät der Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Herrn Dr. med. Ernst Johannes Haberl
geboren am 11. Oktober 1955 in Straubing

Dekan: Prof. Dr. med. Martin Paul

eingereicht im November 2004

öffentlich-wissenschaftlicher Vortrag am 17. Oktober 2005

Gutachter: 1. Prof. Dr. med. Rolf Wagner
2. Prof. Dr. med. Jürgen Harms

Vorwort

Die klinische Unterscheidung physiologischer und pathologischer Bewegungsmuster der Lendenwirbelsäule beschränkt sich gegenwärtig fast ausschließlich auf Flexion und Extension in der Sagittal-Ebene. Multidirektionale Muster, wie etwa die mit einer axialen Rotation – der Drehung der Wirbelsäule um ihre Längsachse – verbundenen komplexen Reaktionen können mit radiologischen Standarduntersuchungen nicht erfasst werden. Experimentelle Beobachtungen schreiben der axialen Torsion jedoch eine wichtige Rolle in der Genese degenerativer Veränderungen der Lendenwirbelsäule zu. Da die exakte kinematische Beschreibung der axialen Rotation bisher auch unter experimentellen Bedingungen noch nicht vollständig gelungen ist, fehlen in der klinischen Praxis diagnostische Kriterien für die Abgrenzung pathologischer Bewegungsmuster und damit auch für eine therapeutische Instrumentalisierung eventueller Befunde.

Aus vielen klinischen Entscheidungssituationen heraus, die immer wieder den Mangel an validen Kriterien spüren ließen, entwickelte sich die Idee dieser Arbeit, die sich die kinematische Beschreibung der axialen Rotation unter Berücksichtigung der Funktion der Wirbelgelenke zum Ziel gesetzt hat.

Die Analyse der im Verhältnis zur sagittalen Flexion und Extension kleinen und komplizierten Reaktion eines Bewegungssegmentes auf eine axiale Krafteinwirkung in allen Ebenen des Raumes stellt hohe Ansprüche an eine Versuchsanordnung. Die erforderlichen technischen Voraussetzungen sind nur an wenigen Wirbelsäulenmeßplätzen der Welt erfüllt. Mein Dank gilt deshalb insbesondere dem Leiter des Institutes für Biomechanik der Maurice–Müller Stiftung in Bern, Herrn Prof. Lutz Nolte, der mit großem Interesse an unserer klinische Fragestellungen dieses aus der neurochirurgischen Praxis heraus entwickelte Projekt unterstützte und den Wirbelsäulenmeßplatz des Institutes zur Verfügung stellte. Prof. Thomas Oxland, der damalige Leiter der Arbeitsgruppe Biomechanik und Herr Ingenieur H.P. Frey, Ph.D., betreuten die konkrete Planung und Durchführung der ersten Testreihe, Frau Prof. Tracy Orr, Ph.D., die nach Beendigung der Experimente tragisch verstorbene nachfolgende Leiterin der Arbeitsgruppe, mit großer Umsicht die zweite Testreihe einschließlich der virtuellen Animationen, die nur durch die Software-Entwicklung von Prof. Peter Crompton möglich wurden. Viele meiner eigenen Untersuchungen und alle ergänzenden Testzyklen wurden mit großer Präzision von Herrn Ingenieur Thomas Beutler begleitet oder selbst durchgeführt. Ohne die Erfahrung und das Engagement dieses Teams wäre das Projekt nicht realisierbar gewesen.

Für die gewährten organisatorischen Erleichterungen im Klinikalltag gebührt meinem ehemaligen Lehrer Herrn Prof. W.R. Lanksch ebenso Dank, wie der Firma Stryker – Howmedica für die großzügige finanzielle Unterstützung.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
 - 1.1 Die Lendenwirbelsäule – das teuerste Organ der Gegenwart
 - 1.1.1 Diagnostische Probleme
 - 1.1.2 Probleme der Therapieplanung
- 2 Material und Eigenschaften
 - 2.1 Material
 - 2.1.1 Das lumbale Bewegungssegment
 - 2.2 Eigenschaften
 - 2.2.1 Viskoelastizität und Nonlinearität
 - 2.2.2 Geometrie und Funktion der Facettengelenke
 - 2.2.3 Kinematische Eigenschaften
- 3 Hypothesen
 - 3.1 Hypothese 1 – Vorlast und Ausgangsposition
 - 3.2 Hypothese 2 – Rotationszentren
 - 3.3 Hypothese 3 – Rotationsachsen
- 4 Methode
 - 4.1 Testreihe 1
 - 4.1.1 Versuchsaufbau
 - 4.1.2 Durchführung
 - 4.1.3 Auswertung
 - 4.2 Pilotversuch/Testreihe2
 - 4.2.1 Versuchsaufbau
 - 4.2.2 Durchführung
 - 4.2.3 Auswertung
 - 4.3 Testreihe 2
 - 4.3.1 Versuchsaufbau
 - 4.3.2 Durchführung
 - 4.3.3 Auswertung
- 5 Ergebnisse
 - 5.1 Testreihe 1
 - 5.1.1 Rotationswinkel
 - 5.1.2 Rotationszentren
 - 5.1.3 Rotationsachsen
 - 5.2 Pilotversuch/Testreihe 2
 - 5.3 Testreihe 2
 - 5.3.1 Rotationswinkel
 - 5.3.2 Rotationszentren
 - 5.3.3 Rekonstruktion und Animation
 - 5.4 Hypothesenbezogene Ergebnisse
 - 5.4.1 Hypothese 1 – Vorlast und Ausgangsposition
 - 5.4.2 Hypothese 2 – Rotationszentren
 - 5.4.3 Hypothese 3 – Rotationsachsen
- 6 Diskussion
 - 6.1 Klinische Relevanz
 - 6.2 Versuchsaufbau, Validität und Reliabilität der Ergebnisse
 - 6.3 Bedeutung von Ausgangsposition und Vorlast für das Rotationsverhalten
 - 6.4 Bedeutung der Facettengeometrie für das Rotationsverhalten
 - 6.5 Lage der Rotationszentren und -achsen
 - 6.6 Virtuelle Animationen
- 7 Zusammenfassung
 - Abbildungsverzeichnis
 - Literaturverzeichnis