

Diss. ETH No. 23682

**The Effect of Sagittal Alignment
of Spine and Pelvis
on Intervertebral Joint Loads**

Numerical Biomechanical Modeling and
Simulation of Subject Specific Alignment

*A dissertation submitted to attain the degree of
Doctor of Sciences (Dr. sc. ETH Zurich)*

presented by

Marco Senteler

MSc ETH in Mechanical Engineering
born 13 August, 1983
citizen of Wangen-Brüttisellen, ZH

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Jess G. Snedeker, examiner
Prof. Dr. Stephen J. Ferguson, co-examiner
Bernhard Weisse, co-examiner

2016

Summary

Chronic low back pain ranks among the most prevalent diseases of the musculoskeletal system and poses a huge socioeconomic burden. Clinical assessment of underlying causes is difficult and often remains unsuccessful. Nevertheless, lumbar fusion is one of the most frequently performed procedures to alleviate patients from pain. Symptoms are therefore treated, rather than the actual cause of the disease. Despite acceptable short term outcomes, long term patient satisfaction after lumbar fusion remains critical and operated patients would often redevelop symptoms.

Recently, sagittal alignment of spine and pelvis have been identified as good predictors for spinal health and fusion outcome. However, a biomechanical explanation how these are related to spinal forces could not yet be provided, and the individuality of patients renders a meaningful classification difficult. Yet with the advancements in musculoskeletal modeling powerful tools became available for the investigation of patient specific biomechanical and anatomical properties.

In this thesis numerical methods have been successfully applied to corroborate clinical findings and confirm hypotheses. Certain spinopelvic alignments resulted in higher pre- and post-fusion intervertebral loads, hence putting some patients at higher risks than others. The importance of surgically imposed alignment could thus be emphasized.

The presented work created insight into hitherto unknown relationships between anatomical configurations and spine loading. From a technical as well as clinical perspective it created a basis for fruitful further research and application of musculoskeletal modeling and simulation towards a better management and treatment of chronic low back pain.

Zusammenfassung

Chronische Rückenschmerzen ausgehend von der Lendenwirbelsäule gehören zu den meistverbreitetsten Beschwerden des menschlichen Bewegungsapparates. Die klinische Diagnose von zugrundeliegenden Erkrankungen gestaltet sich dabei oftmals schwierig – ein orthopädischer Eingriff zur Schmerzlinderung ist häufig die Ultima Ratio. Dadurch werden allerdings Symptome, nicht aber deren eigentliche Ursachen behandelt. Als Konsequenz sind die langfristigen Resultate von operativen Versteifungen der Lendenwirbelsäule nicht selten unbefriedigend: viele Patienten entwickeln im Laufe der Zeit neue Symptome, die weitere Behandlungen erfordern.

In diesem Zusammenhang wurde dem sagittalen Profil der Wirbelsäule und des Beckens in letzter Zeit vermehrt Bedeutung zugemessen, und es wurde als ein möglicher Prädiktor für die Erfolgsaussichten von klinischen Behandlungen diskutiert. Bis dato blieb allerdings eine biomechanische Erklärung unter Berücksichtigung der in vivo Belastung der Wirbelsäule aus.

Dank computergestützten Methoden zur patientenspezifischen muskuloskeletalen Modellierung und Simulation konnten in der vorliegenden Dissertation erfolgreich klinische Beobachtungen untermauert und Hypothesen bestätigt werden. Gewisse sagittale Alignements – vor und nach einem orthopädischen Eingriff mit Fusion der Lendenwirbelsäule – führen zu einer erhöhten Belastung der Bandscheibengelenke und implizieren somit ein erhöhtes Risiko für Folgebeschwerden.

Diese Arbeit schuf Einsicht in bis anhin wenig bekannte Beziehungen zwischen anatomischer Konfiguration und Belastung der Wirbelsäule. Aus technischer wie auch aus klinischer Perspektive bietet sie eine Basis für weiterführende Arbeiten im Sinne einer verbesserten Behandlungsstrategie bei chronischen Rückenschmerzen und einer Steigerung der Patientenzufriedenheit.