



Doctoral Thesis

Die Bewegungen einzelner Lendenwirbel unter Alltagsbelastungen

Author(s):

Baumgartner, Walter Rolf

Publication Date:

2000

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-003887568> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH Nr. 13566

DIE BEWEGUNGEN EINZELNER LENDENWIRBEL
UNTER ALLTAGSBELASTUNGEN

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

WALTER ROLF BAUMGARTNER

Dipl. Natw. ETH
geboren am 8. März 1951
von Hasle bei Burgdorf (Bern) und Winterthur (Zürich)

Angenommen im Auftrag von

Prof. Dr. E. Stüssi, Referent
Prof. Dr. P. Niederer, Korreferent
Prof. Dr. med. D. Grob, Korreferent

2000

Kurzfassung

DIE BEWEGUNGEN EINZELNER LENDENWIRBEL UNTER ALLTAGSBELASTUNGEN

Die heute schon grosse Anzahl von Personen mit Rückenleiden und von durchgeführten Rückenoperationen ist zunehmend. Es sind jedoch noch relativ wenige *in vivo* Messungen zu den Bewegungen einzelner Lendenwirbel und den dazugehörigen Körperhaltungen unter Alltagsbelastung beschrieben worden. Diese Kenntnisse werden beispielsweise zur Entwicklung neuer Rückenimplantate benötigt.

Ziel dieser Arbeit war es, *in vivo* dreidimensional die Drehungen und linearen Verschiebungen einzelner Lendenwirbel und der zugehörigen Körperhaltung sowie die Bodenreaktionskräfte während Alltagsbewegungen in ihrem zeitlichen Verlauf zu messen und sie im Hinblick auf die Belastung der lumbalen Strukturen zu analysieren.

Die vorliegende Studie war von einer ethischen Kommission überprüft und bewilligt worden. Sie wurde mit fünf gesunden Männern im Alter zwischen 26 und 48 Jahren durchgeführt.

Für die Erfassung der grossräumigen Körperbewegungen wurde das Bewegungsanalysegerät VICON und für die relativ kleinen Bewegungen der Lendenwirbel FASTRAK validiert. Zur Bestimmung der Lage approximierter Momentanachsen wurde eine eigens entwickelte Methode auf der Basis von Schraubachsen verwendet.

Metallstifte wurden unter Lokalanästhesie in die Processus spinosi von L3, L4 und L5 zur direkten Erfassung der Wirbelbewegungen eingeschraubt. Drei FASTRAK-Sensoren wurden an diesen Stiften befestigt. Ein vierter Sensor wurde auf die Haut über dem Processus spinosus von C7 geklebt, um die Bewegungen der Wirbelsäule zu erfassen. Der Sender von FASTRAK wurde mit einem Gurt seitlich am Becken befestigt. Die Position und Lage der Bewegungssegmente L3-4 und L4-5 wurde mit 30 Hz und einer Auflösung von 0.15 mm respektive 0.1 Grad gemessen.

Synchron zu FASTRAK wurde VICON für die Bestimmung der Körperhaltung eingesetzt: Licht reflektierende Marker wurden auf die Haut geklebt über den Processus spinosus von C7, T4, T9, L1, den Schultern, dem Becken und an 15 weiteren speziell ausgewählten Skelettpunkten. VICON erfasste ihre Position im Raum mit 50 Hz und einer Genauigkeit besser als 1 mm. Drei zusätzliche Marker wurden auf zwei Ebenen plziert, zusammen mit Sensoren von FASTRAK. Damit war eine räumliche Koordination zwischen VICON und FASTRAK herstellbar. Zusätzlich zu den Bewegungen massen KISTLER-Kraftmessplatten mit 50 Hz die Bodenreaktionskräfte.

Folgende Alltagssituationen wurden untersucht: Frei durchgeführte Standardbewegungen (Flexion, Extension, Lateralflexion und Rotation), eine kleine Treppe hinauf- und hinuntersteigen, sich auf einen Stuhl setzen und aufstehen davon, weitere komplexe Bewegungsabläufe und in einem Falle manuelle Mobilisationstherapie. Im weiteren hoben die Versuchspersonen Gewichte, zum Beispiel 20 kg langsam auf einer Seite, je auf beiden Seiten und frontal, oder sie verlegten 10 kg von einer Seite auf die andere.

Für die Standardbewegungen wurden die relativen Drehungen und linearen Verschiebungen von L3-4 und L4-5 bestimmt. Der Bewegungsumfang (ROM) sowie die Lage approximierter Momentanachsen während dieser Bewegungen wurden berechnet. Spezielles Interesse galt dabei der bisher weniger untersuchten Lateralflexion. Ein Zusammenhang zwischen Körperhaltung und Segmentbewegung konnte hergestellt werden.

An ausgewählten Beispielen wurden für komplexe Alltagsbewegungen einerseits das Bewegungsmuster der Segmentbewegungen, andererseits die Winkel zwischen einzelnen Körpersegmenten bestimmt sowie die auftretenden Bodenreaktionskräfte ermittelt.

Zu verschiedenen Arten des Gewichthebens wurden die Bewegungen einzelner Lendenwirbel und die einwirkenden äusseren Momente auf die Wirbelsäule berechnet.

Es konnte zusätzlich gezeigt werden, dass dieselben Methoden auch im klinischen Umfeld anwendbar sind für die Beurteilung der Funktionsweise einer künstlichen Bandscheibenprothese oder einer Pseudarthrose.

Abstract

MOTION OF SPECIFIC LUMBAR VERTEBRAE DURING DAILY ACTIVITIES

The number of persons with back pain and the number of surgical interventions is increasing. Only few *in vivo* measurements describing the motion of specific lumbar vertebrae during daily activities combined with information about the posture can be found. This information for instance is needed for the development of new spine implants.

The objectives of this study were to measure *in vivo* in three dimensions and to analyze the rotations and linear displacements of specific lumbar vertebrae during daily activities in relation to the corresponding posture and ground reaction forces. The work was done with regard to the corresponding stress and strain on the lumbar structures.

The present study was approved by an ethical committee and was performed on five normal healthy men (age 26 to 48).

To measure the body movements the analysis system VICON was validated. To measure the relatively small movements of the lumbar vertebrae the tracking system FASTRAK was selected. Based on finite helical axes, a method was developed to calculate the approximated instantaneous axis of rotation (IAR).

To accurately measure segmental motion of the spine indwelling pins were inserted under local anesthesia into the spinous processes of L3, L4 and L5. Three sensors of the motion tracking system FASTRAK were attached to these pins. A fourth sensor was placed on the skin over the spinous process of C7 to measure spine movements. The transmitter of the tracking system was attached to the pelvis with a belt. Position and orientation of L3 versus L4 and L4 versus L5 were recorded at 30 Hz and a resolution of 0.15 mm or 0.1 degrees respectively.

Simultaneously to FASTRAK the video based motion analysis system VICON was used to determine posture data at 50 Hz. External body markers were attached to the skin over the spinous processes of C7, T4, T9, L1, the shoulders, the pelvis and 15 extra points of the body. The precision of the position of the markers was better than 1 mm. Three additional markers were placed on the pins in two planes connected with the sensors of FASTRAK to enable the spatial co-ordination between VICON and FASTRAK. Ground reaction forces were measured at 50 Hz by KISTLER force plates.

The following test conditions were studied: unconstrained standardized movements (flexion, extension, lateral bending, axial rotation), walking up and down a short stair case, sitting down and raising and other complex movements, manual mobilisation therapy in one case, weight lifting, i.e. the subjects slowly lifted 20 kg unilaterally, bilaterally and in a frontal position, and they transferred 10 kg from one side to the other.

For standardized movements the relative rotation and linear displacements of L3-4 and L4-5 were calculated as well as the range of motion (ROM) and the position of the approximated instantaneous axis of rotation. Special interest was taken in lateral bending which has rarely been investigated. The correlation between posture and segmental movements could be demonstrated.

The pattern of segmental movements and the angles between chosen body segments for special daily activities as well as the ground reaction forces were determined.

Movements of specific lumbar vertebrae and acting external moments were studied for different ways of lifting weights.

Additionally it could be shown that the same methods are applicable in clinical use in order to judge the functionality of a disc prosthesis and to discuss a pseudarthrosis.