



27.11.2019

VDI

Wissensforum

ENTSPANNTE SITZPOSITIONEN –
GEFAHR FÜR DIE LWS IM CRASH?

DR.-ING. MARTIN UNGER, M.ENG. DANIEL HINTZE

GLIEDERUNG

- Ausgangslage
- Verletzungsmechanismen der Lendenwirbelsäule
- Studie: Ermittlung der Wirbelsäulenkrümmung in unterschiedlichen Sitzpositionen
- Auswirkung der Wirbelkörperstellung im Frontalcrash
- Fazit und Ausblick

AUSGANGSLAGE

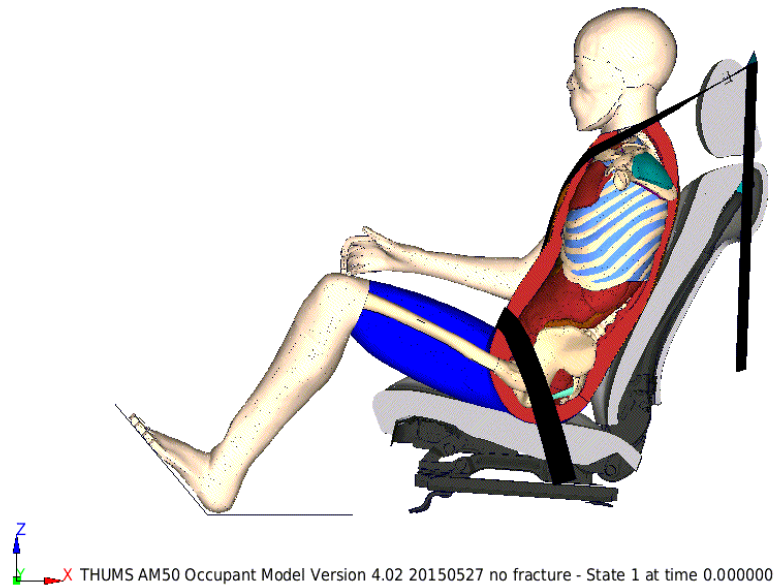
- Die voranschreitende Automatisierung von Kraftfahrzeugen ermöglicht komfortable Sitzpositionen, da kein kontinuierliches Führen des Fahrzeugs notwendig ist.
- Dieses stellt die Fahrzeugsicherheit vor neue Herausforderungen.
- Der nach hinten geneigte Oberkörper hat die Tendenz zum Submarining.



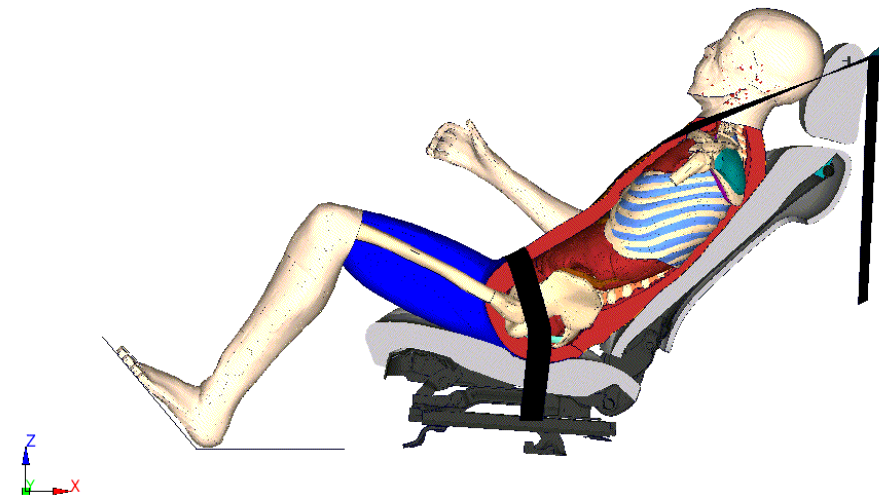
Quelle: www.volvocars.com, 2016

AUSGANGSLAGE

- Liegt kein Submarining vor, so wird besonders die Lendenwirbelsäule belastet, da im Vergleich zu einer aufrechten Sitzposition die Belastung in Richtung der Wirbelsäule verläuft.

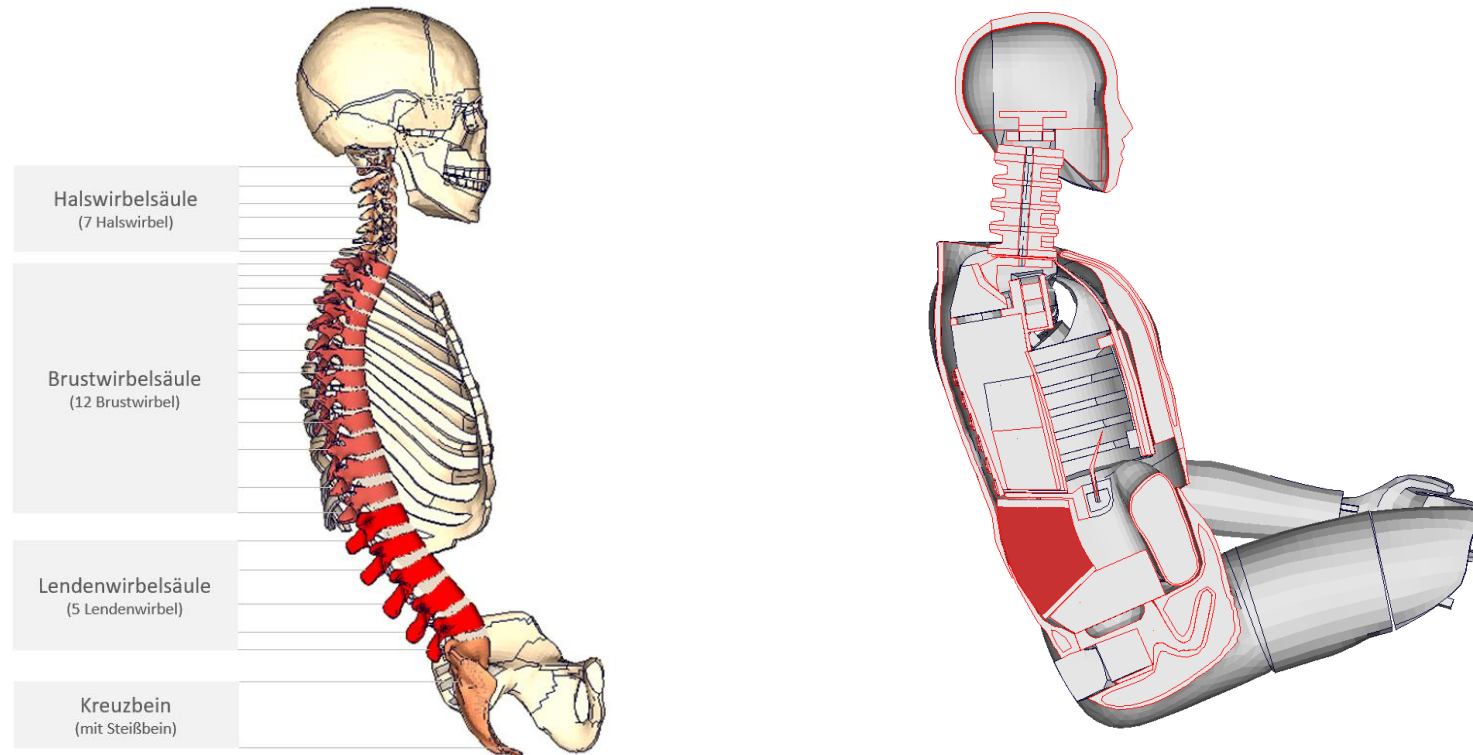


„aufrechte“ Sitzposition



„entspannte“ Sitzposition (ohne „Submarining“)

VERLETZUNGSMECHANISMEN



- Vergleich der Modellierung der Lendenwirbelsäule eines FE-Menschmodells und der eines FE-Dummys.

FE-Menschmodell THUMS v4

FE-Modell H350 Dummy

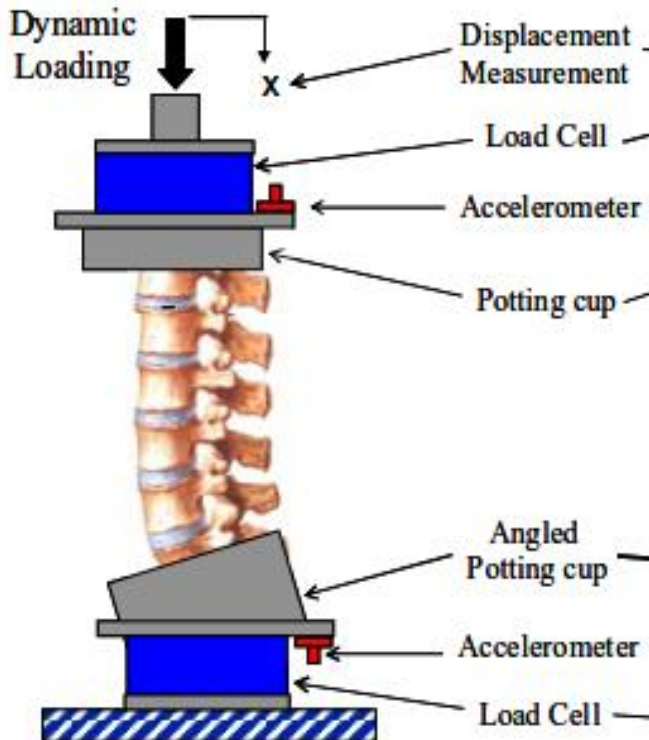
VERLETZUNGSMECHANISMEN



Quelle: <https://radiopaedia.org>, 2019

- Eine Kombination aus axialer Kompression und Flexion kann bei Überlastung zu Verletzungen der Wirbelsäule führen.
- Neben Muskel, Bänder und Rückenmarksverletzungen können Wirbelkörperfrakturen auftreten.
- Beispiele von Wirbelkörperfrakturen sind Berstfraktur, Keilfraktur und Spaltungsfraktur.

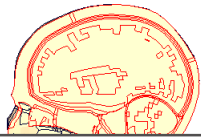
VERLETZUNGSMECHANISMEN



Quelle: [5]

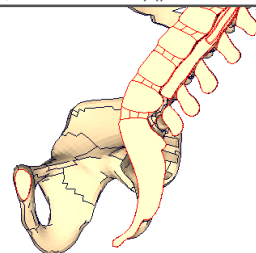
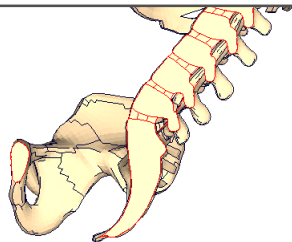
- Stauchversuche „funktionaler Einheiten“ zeigen Frakturen bei $F_{z1} = 5.009 \text{ kN}$ und $M_{y1} = 237 \text{ Nm}$ sowie bei $F_{z2} = 5.911 \text{ kN}$ und $M_{y2} = 165 \text{ Nm}$ ^[5]. Die PMHS waren über 66 Jahre alt.
- Mit steigender Axialkraft sinkt das ertragbare Flexionsmoment ^[5].
- In der Luftfahrt gelten $F_{zL} = 6.0 \text{ kN}$ bis $F_{zL} = 6.6 \text{ kN}$

VERLETZUNGSMECHANISMEN



ABSCHNITT	EXTENSION	NEUTRALE LAGE	FLEXION
HALSWIRBELSÄULE	70°	0°	45°
BRUSTWIRBELSÄULE	25°	0°	35°
LENDENWIRBELSÄULE	30°	0°	50°
GESAMT	125°	0°	125°

Quelle: Amboss, „Wirbelsäule,“ AMBOSS GmbH, 2019.



Initialposition THUMS v4

Positionierte Wirbelsäule THUMS v4

- Die Anfangsposition der Wirbelsäule hat einen entscheidenden Einfluss auf die Insassenkinematik und die Belastungswerte im Frontalaufprall.
- Die initiale Position der Wirbelkörper zueinander, zeigt eine weniger realistische Wirbelsäulenkrümmung.
- Die Wirbelsäulenbelastung kann so nicht umfassend bewertet werden.

VERMESSUNGSSTUDIE



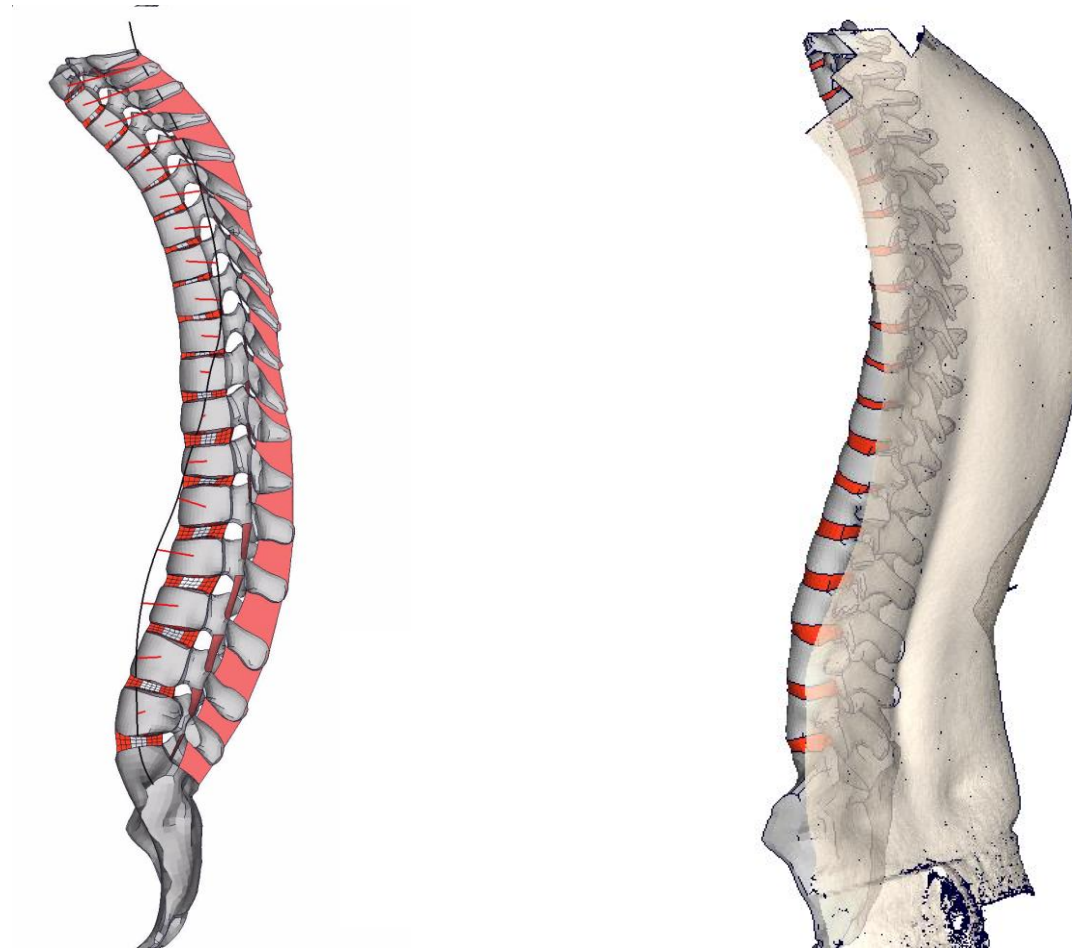
[13]



[13]

- Ermittlung natürlicher Wirbelsäulenkrümmung mit Hilfe der IDIAG Spinal Mouse durch Abtastung (nichtinvasiv, nichtradiologisch).
- Vermessung von 25 Probanden in 3 unterschiedlichen Sitzpositionen.

VERMESSUNGSSTUDIE

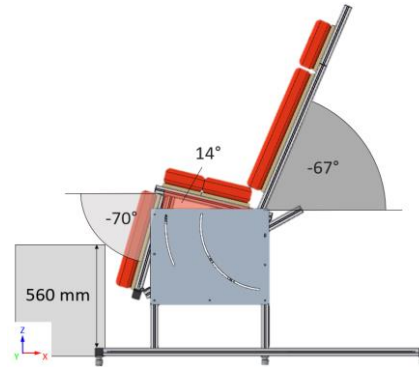


- Überprüfung der Daten mit Hilfe von 3D Rückenscans.
- Die Literatur bestätigt die Messgenauigkeit des Systems ^[6].
- Der Messfehler liegt im Bereich der Auswertung radiologischer Bildverfahren.

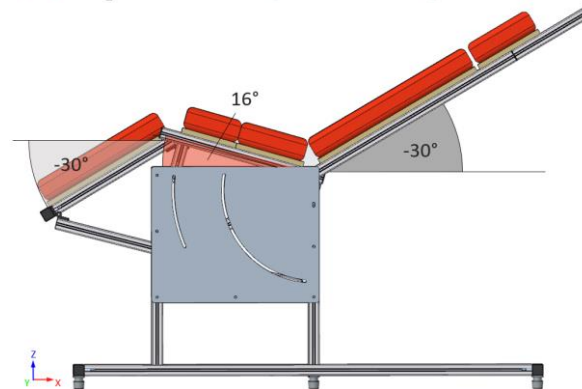
VERMESSUNGSSTUDIE



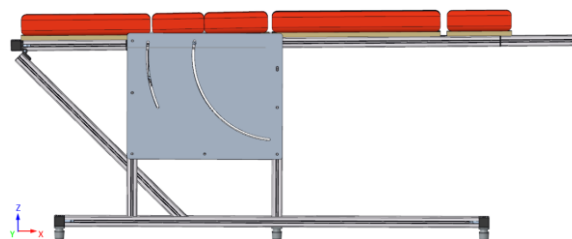
- Einstellbare Sitzkiste mit Schlitzung der Rückenlehne für Abtastung der Wirbelsäule.



- Aufrechte Sitzposition

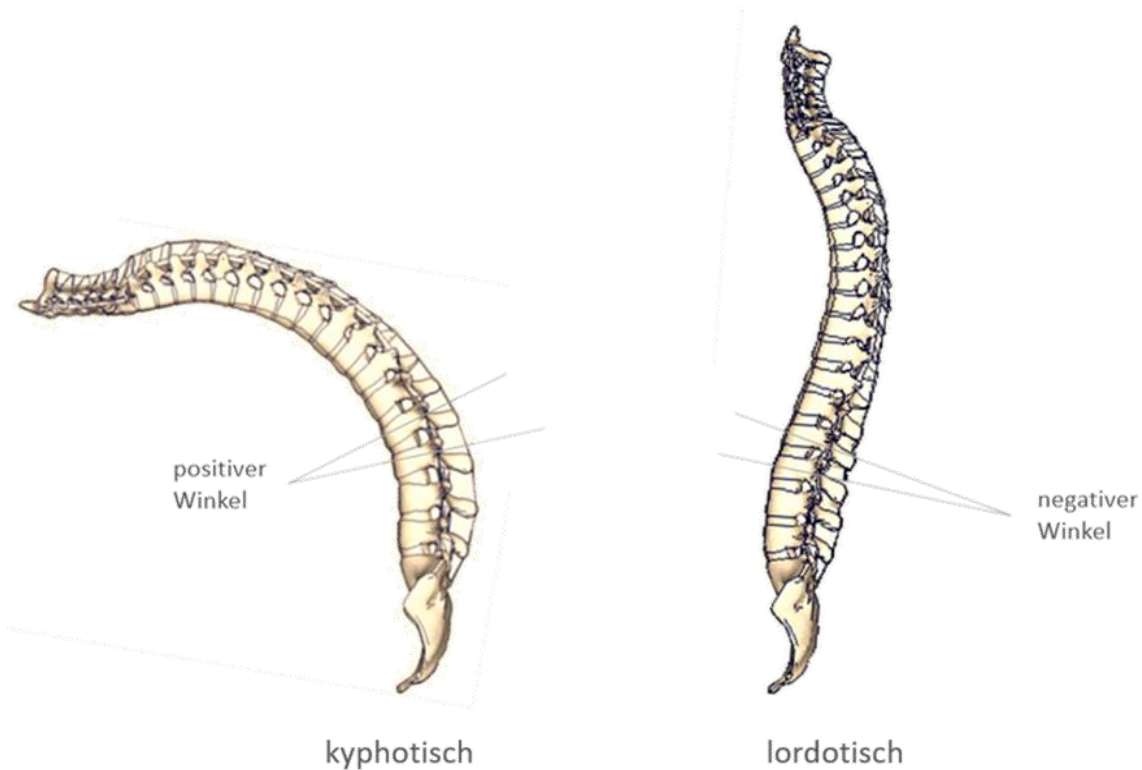


- Entspannte Sitzposition



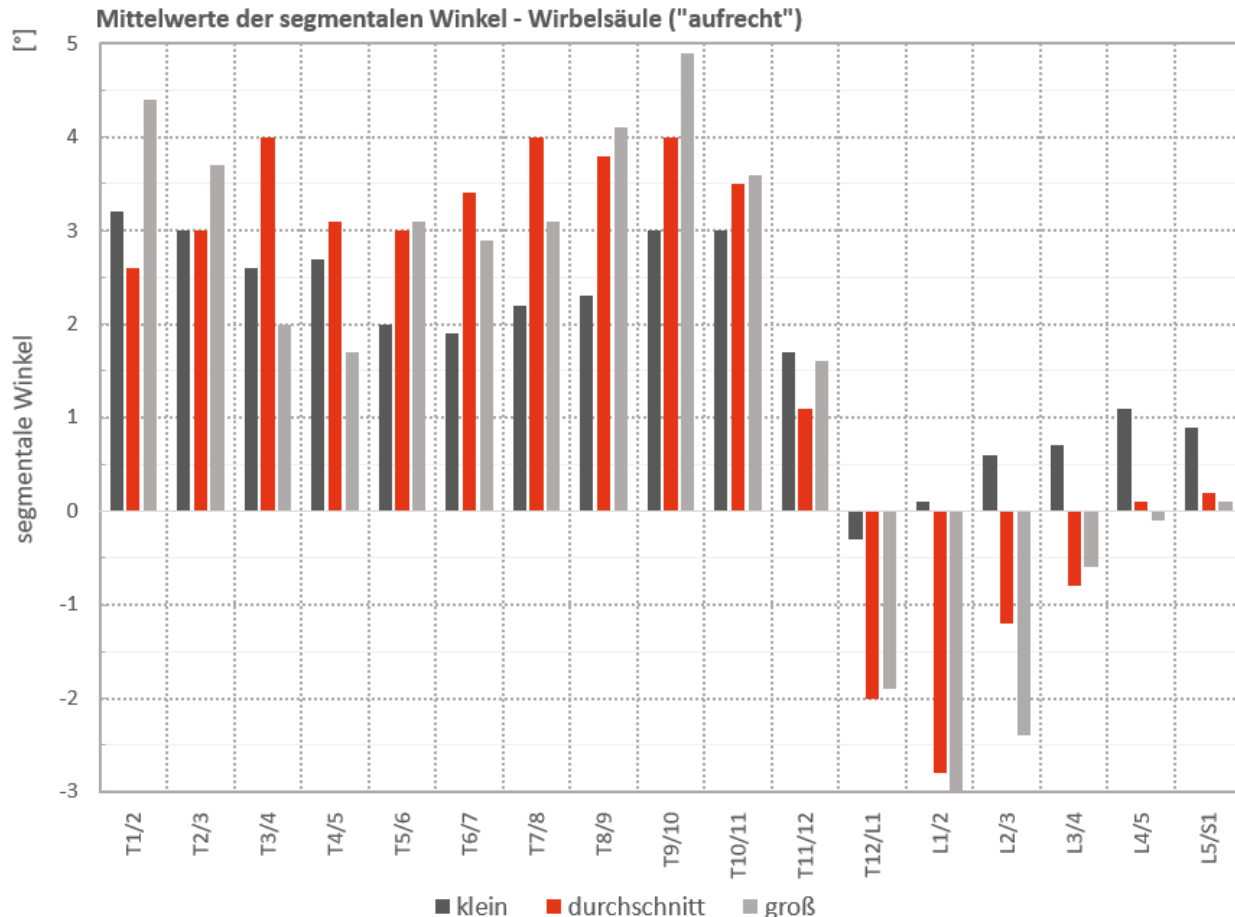
- Flach liegend

VERMESSUNGSSTUDIE



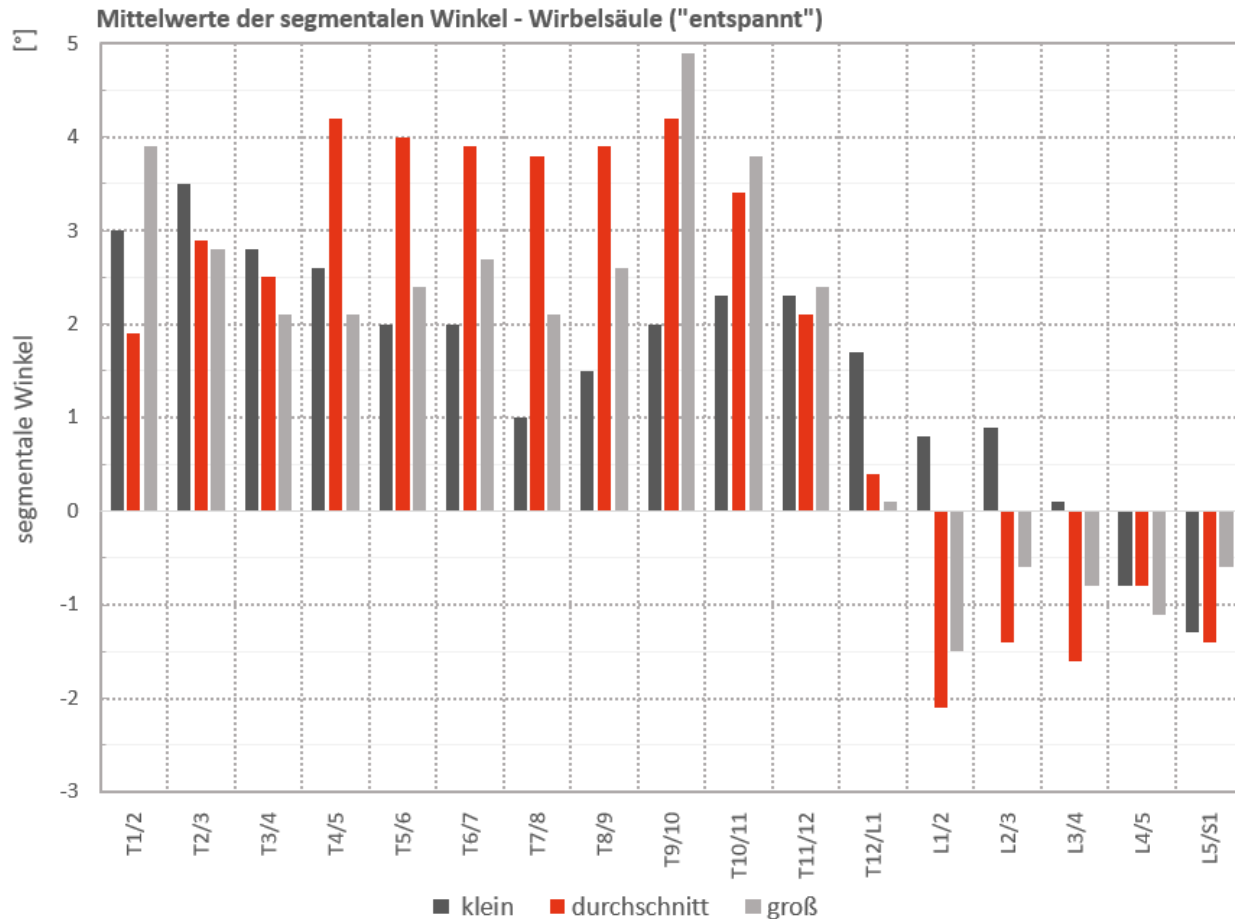
- Die erhobenen Daten werden in drei Personengruppen mit gleichem Umfang aufgeteilt.
- „**klein**“ unter 179cm Körperlänge
- „**durchschnittlich**“ 179cm bis 184cm
- „**groß**“ ab 185cm

VERMESSUNGSSTUDIE



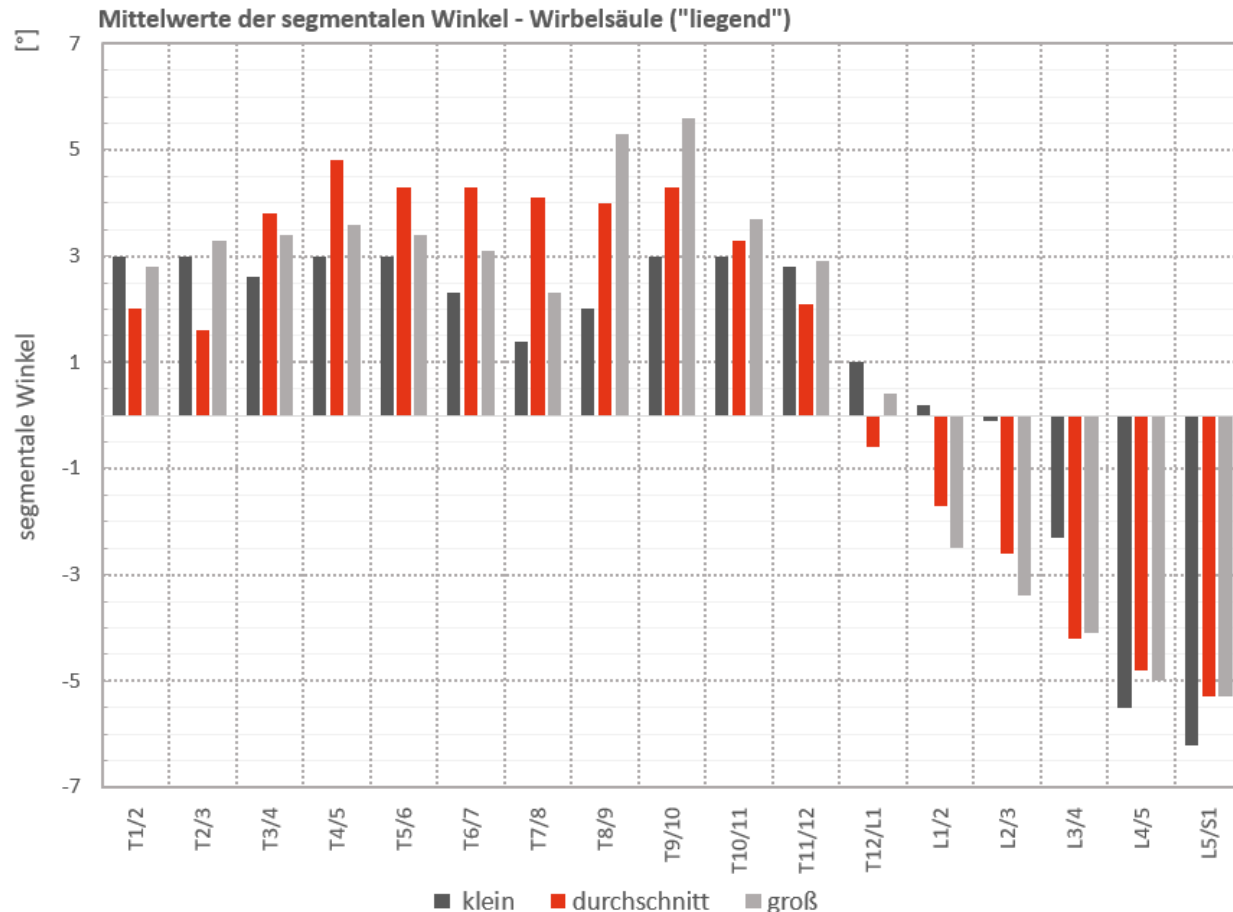
- Die Lendenwirbelsäule weist bei der Gruppe der kleinen Probanden einen kyphotischen Verlauf auf.
- Die Gruppen der durchschnittlichen und großen Probanden haben im Gegensatz dazu eine lordotische Krümmung.

VERMESSUNGSSTUDIE



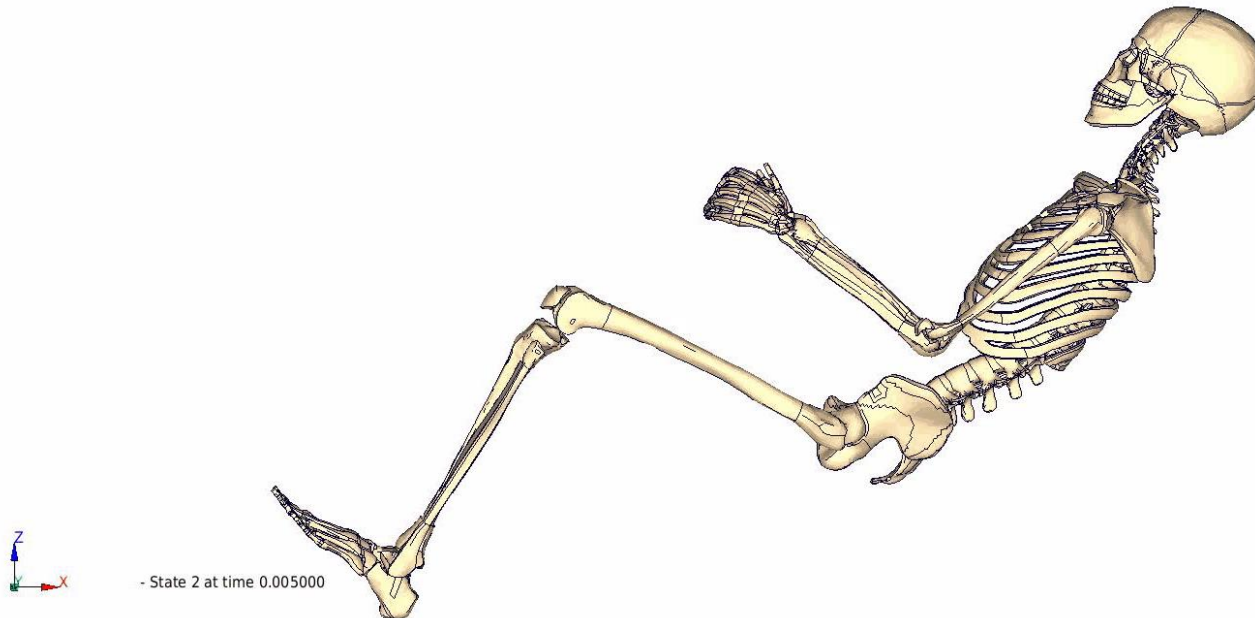
- Die Winkel der Thoraxwirbelsäule sind durch das Rippengerüst von geringerer Variabilität gekennzeichnet.
- In entspannter Sitzposition weist auch die Gruppe der kleinen Probanden eine zunehmend lordotische Lendenwirbelsäule auf.

VERMESSUNGSSTUDIE



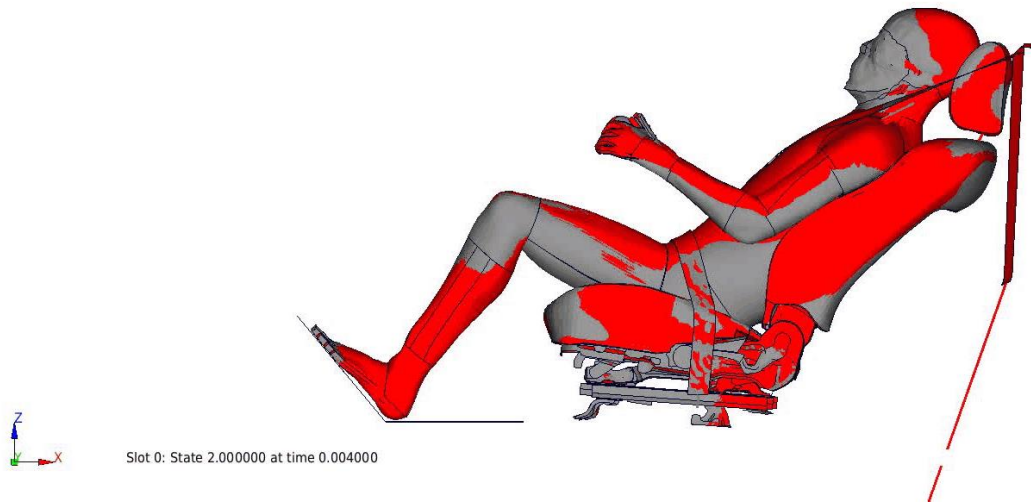
- In flach liegender Position weisen alle Personengruppen eine stark lordotische Wirbelsäulenkrümmung auf.
- Die Mittelwerte der Winkelmessungen liegen weniger stark auseinander als bei den anderen Sitzpositionen.

AUSWIRKUNGEN IM FRONTALCRASH



- Positionierung der Wirbelkörper zueinander nach Vorgabe der Messdaten.
- Die Körperhaltung wird durch die Krümmung der Wirbelsäule bestimmt.

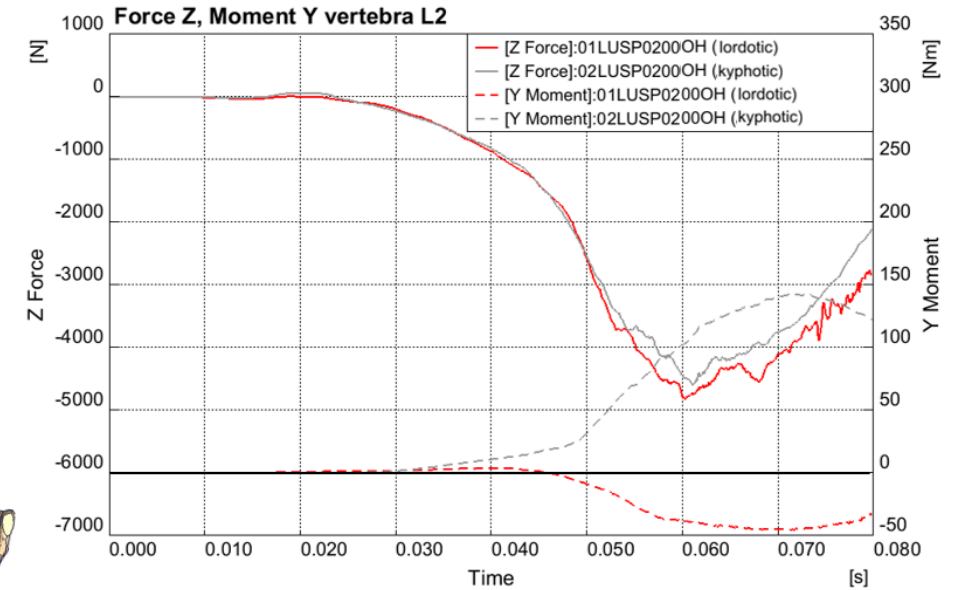
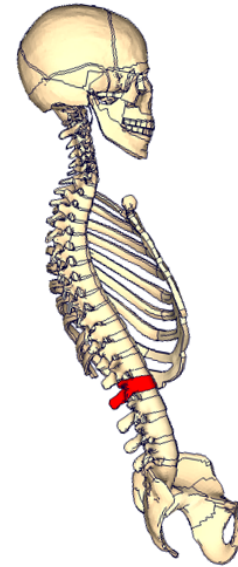
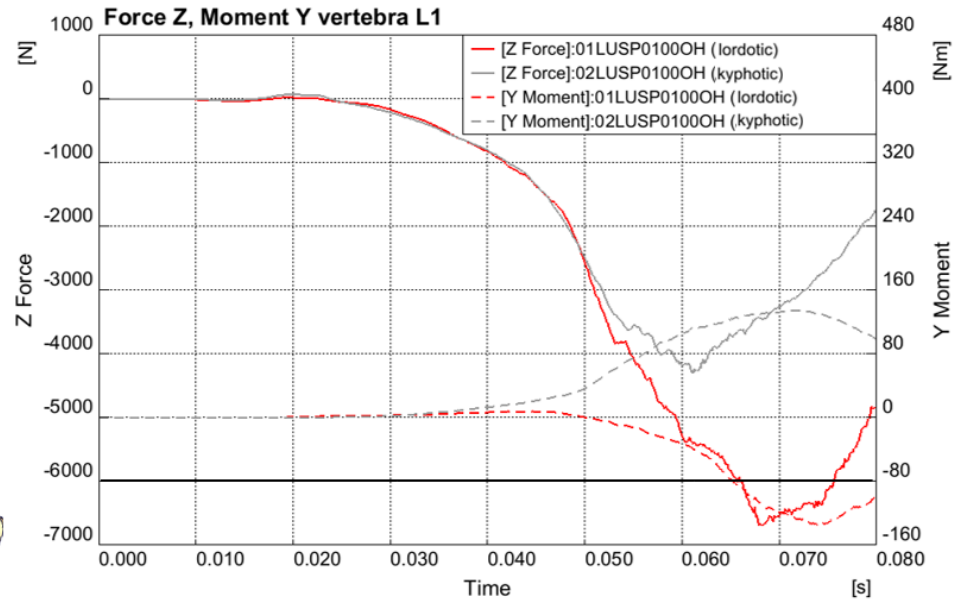
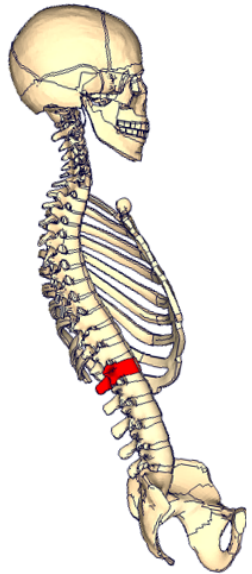
AUSWIRKUNGEN IM FRONTALCRASH



lordotischer
Wirbelsäulenverlauf

kyphotischer
Wirbelsäulenverlauf

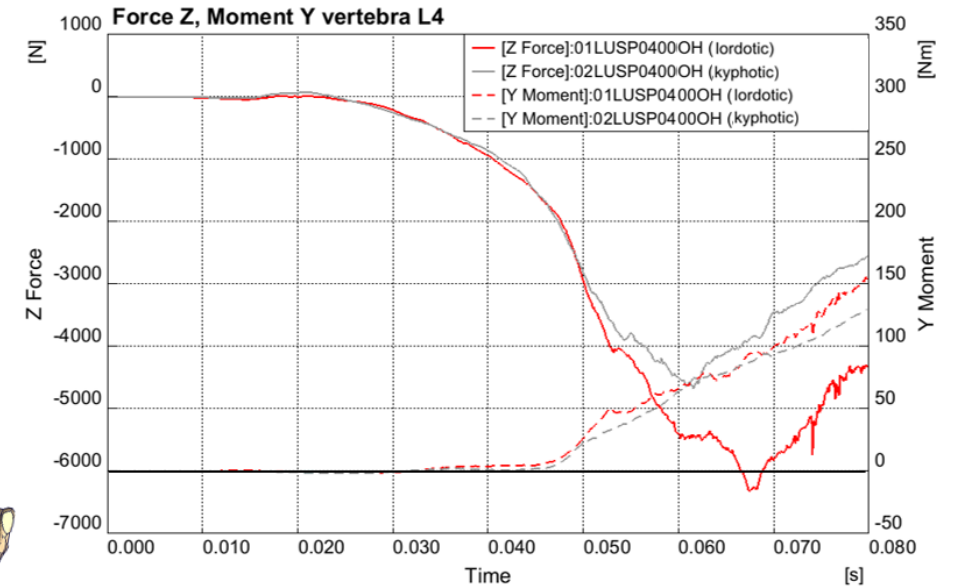
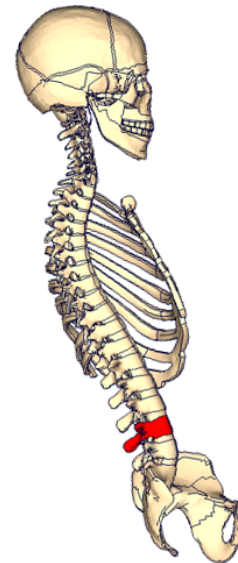
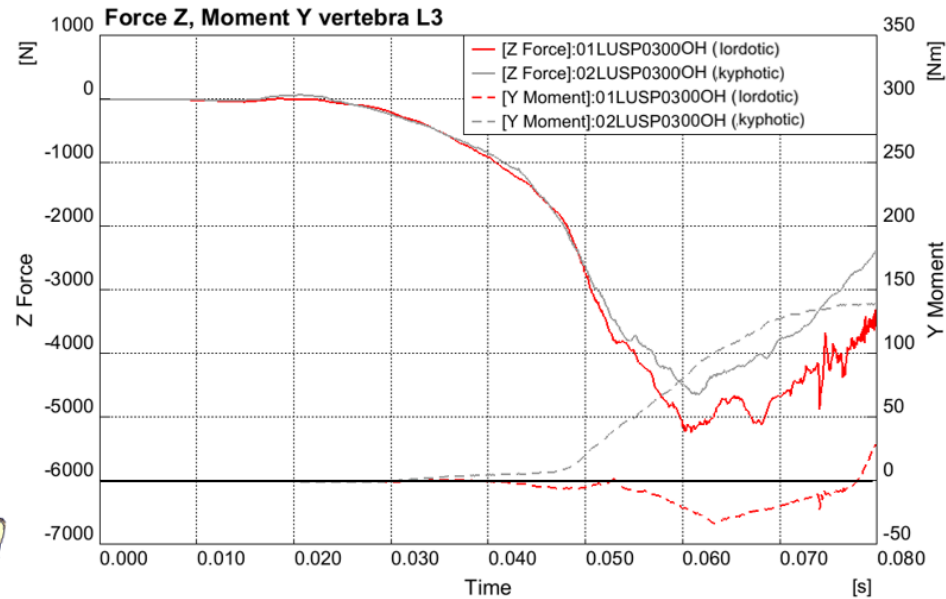
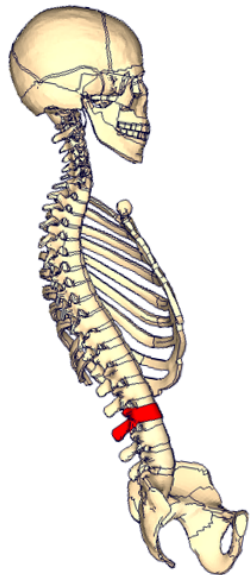
AUSWIRKUNGEN IM FRONTALCRASH



lordotischer
Wirbelsäulenverlauf

kyphotischer
Wirbelsäulenverlauf

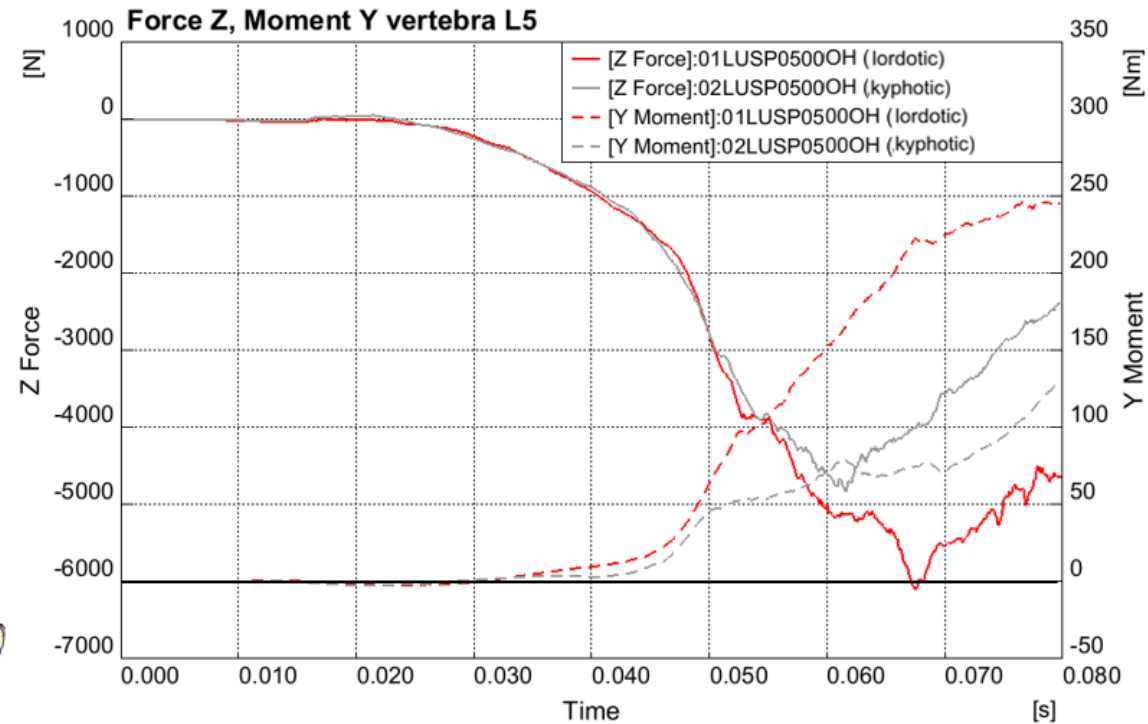
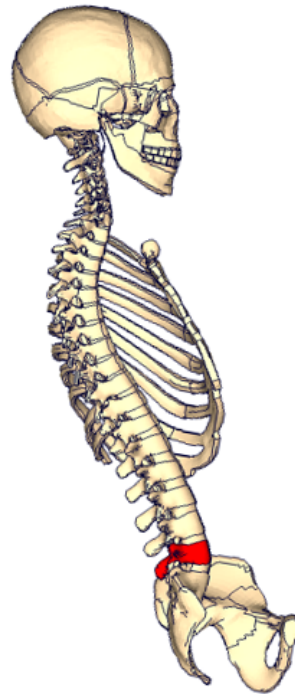
AUSWIRKUNGEN IM FRONTALCRASH



lordotischer
Wirbelsäulenverlauf

kyphotischer
Wirbelsäulenverlauf

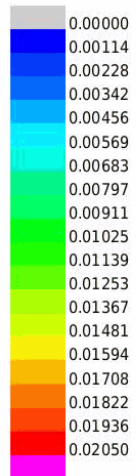
AUSWIRKUNGEN IM FRONTALCRASH



lordotischer
Wirbelsäulenverlauf

kyphotischer
Wirbelsäulenverlauf

AUSWIRKUNGEN IM FRONTALCRASH



Slot 0: - State 2 at time 0.004000



- Bewertung der Bruchdehnung im Bereich der Kortikalis.

$$\varepsilon_{Fraktur} = 2,05\%$$

[12]

lordotischer
Wirbelsäulenverlauf

FAZIT

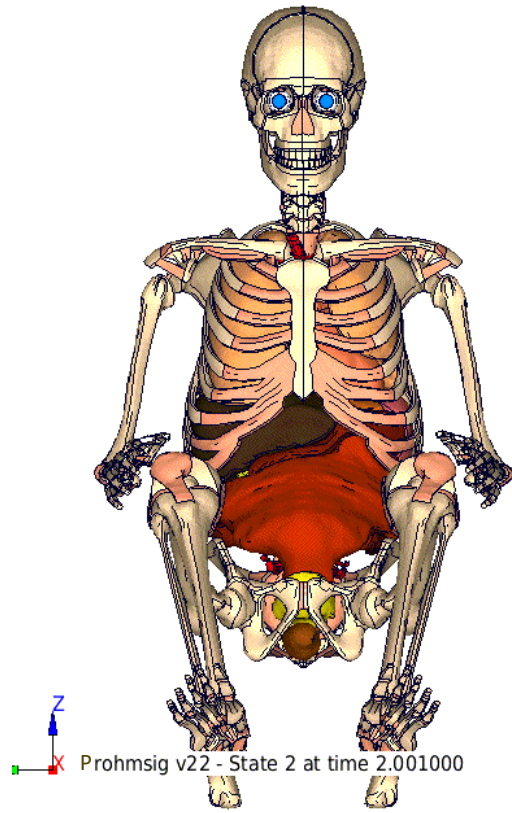
- Eine entspannte Sitzposition kann im Falle einer Frontalkollision zu Lendenwirbelsäulenverletzungen durch axiale Kompression und Flexion führen.
- Bei der Auslegung von Rückhaltesystem ist das Menschmodell einem Dummy vorzuziehen, da dieses die Kinematik der Wirbelsäule besser abbilden kann.
- Dabei ist die genaue Positionierung der einzelnen Wirbelkörper zueinander einzuhalten, da nur so die Belastungswerte durch Kompression und Flexion realistisch abgebildet werden können.
- Die Abtastung der Wirbelsäule eines Probanden ist strahlenfrei durchführbar und ermöglicht so die genauen Positionen im Sitzen oder Liegen.

AUSBLICK

- Die Studie stellt mit 25 Probanden keine signifikante Stichprobe dar. Die zumeist männlichen und jungen Teilnehmer bilden die Bevölkerung nicht hinreichend ab.
- Weiterführende Untersuchungen werden mit einer größeren Anzahl an weiblichen Probanden eine bessere Datenbasis bilden.
- Die ermittelten Werte sollen eine Datenbank für verschiedenste Sitzpositionen bilden, in der unterschiedlichste Körper Berücksichtigung finden.

QUELLEN

- [1] Biomechanics of Human Thoracolumbar Spinal Column Trauma from Vertical Impact Loading. Yoganandan, Narayan, et al. s.l. : Association for the Advancement of Automotive Medicine, 2013, S. 155-166.
- [2] EuroNCAP. Assessment Protocol – Adult Occupant Protection. 2015.
- [3] Pipping, T., Verletzungen der Wirbelsäule bei nicht tödlichen Rettungsausstiegen mit dem Schleudersitz, Flug- und Reisemedizin 2015, 20-25.
- [4] Schmitt, Kai-Uwe, et al. Trauma-Biomechanik. Zürich: Springer Vieweg, 2014. Bd. 2. Auflage.
- [5] BIOMECHANICAL RESPONSE OF THE LUMBAR SPINE IN DYNAMIC COMPRESSION. Duma, Stefan M., et al. s.l.: Virginia Tech – Wake Forest, Center for Injury Biomechanics, Toyota Motor Corporation, 2018.
- [6] A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature. Mannion, Anne F., et al. Zürich, Switzerland: Springer Verlag, 2003.
- [7] Unger, M., Cebeci, Ö.: An approach to compare the submarining behavior of THUMS vs. THOR, 6. Internationales Symposium “Human Modeling and Simulation in Automotiv Engineering”, Heidelberg, 2016.
- [8] Unger, M., Cebeci, Ö.: Neue Sitzpositionen im automatischen Fahrmodus – Eine Herausforderung für die Bewertung von Submarining, 11. VDI-Tagung Fahrzeugsicherheit VDI-Berichte 2312, VDI Verlags GmbH, Düsseldorf 2017.
- [10] Reed, Matthew P., Ph.D. Update: 2018-10. [Online] The University of Michigan, 2019. [Zitat vom: 15. 03 2019.] <http://mreed.umtri.umich.edu/mreed/>.
- [11] S. Schulz, Messung von Form und Beweglichkeit der Wirbelsäule: Validierung der "Rückenmaus" durch Vergleich mit Röntgen-Funktionsaufnahmen, München: Medizinische Fakultät der Ludwig-Maximilian-Universität München, 1999.
- [12] T. Katsuhara, Y. Takahira, S. Hayashi und Y. Kitagawa, „Analysis of Driver Kinematics and Lower Thoracic Spine Injury in World Endurance Championship Race Cars during Frontal Impacts,“ 2017.
- [13] IDIAG AG, „IDIAG M360,“ IDIAG AG, 2019. [Online]. Available: <https://www.idiag.ch/idiag-m360/>. [Zugriff am 20 04 2019].



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!