

Alexander S. Hasler

Dr. med.

Über den Einfluß des Alterungsprozesses und der Anthropometrie auf die biomechanische Belastbarkeit des Thorax und Beckens beim Seitenanprall

Geboren am 18.04.1973 in Karlsruhe

Reifeprüfung am 26.05.1992 in Ettlingen

Studiengang der Fachrichtung Medizin vom WS 1992/93 bis SS 1999

Physikum am 29.08.94 an der Universität Heidelberg

Klinisches Studium in Heidelberg / Lyon (Frankreich)

Praktisches Jahr in Bad Mergentheim / Neuchâtel (Schweiz)

Staatsexamen am 04.05.1999 an der Universität Heidelberg

Promotionsfach: Rechtsmedizin und Verkehrsmedizin

Doktorvater: Prof. Dr. rer. nat. D. Kallieris

Der Beitrag der Anprallintensität, des Alters und anderer anthropometrischer Parameter sowie des Knochenmineralgehalts auf die Verletzungsschwere wurde anhand von Daten aus Leichenuntersuchungen bei Thorax- und Beckenseitenanprall mit Impaktoren systematisch geprüft. Diese Versuchsanordnungen sind aufgrund der standardisierten Bedingungen am wenigsten anfällig für Störgrößen, wodurch sehr gut der individuelle Einfluß des Körpers untersucht werden kann. Fahrzeugseitenkollisionsversuche mit Leichen sollen zur Validierung der aus Impaktorversuchen gewonnenen Ergebnisse dienen und das Übertragen auf reale Seitenkollisionen ermöglichen.

Aufgrund der Nachteile der Bestimmung des Knochenmineralgehaltes durch die Veräscherungsmethode – invasiv und störanfällig – sollten andere Bestimmungsmethoden wie DEXA und QCT zur Anwendung kommen.

Zur statistischen Bearbeitung wurden Regressionsmodelle eingesetzt. Mit der linearen Regression konnte die Gesamtzahl gebrochener Rippen *TNFR* bzw. gebrochener Knochen der Becken-Hüft-Region *TNFB* in Abhängigkeit der Prädiktoren beschrieben

werden. Die Modellselektion wurde anhand des adjustierten Determinationskoeffizienten $adjR^2$ vorgenommen und die Modellgüte über den Regressionkoeffizienten R^2 bestimmt. Mittels logistischer Regression wurden die Verletzungswahrscheinlichkeiten $p(TAIS \geq 4)$ und $p(BAIS \geq 3)$ abgeschätzt sowie die Risikoerhöhung (Odds Ratio) durch die jeweiligen Einflußgrößen berechnet.

Die Datenanalyse der Realunfällen aus dem Jahr 1995 im „Département du Rhône“ zeigte, daß schwere Verletzungen, wie die des Thorax und Beckens, ebenso häufig bei jüngeren wie bei älteren Verkehrsverunglückten auftreten, und dies obwohl junge Menschen den größten Anteil der Verletzten im Straßenverkehr darstellten. Ein Unterschied in der Schwere der Verletzungen (*AIS*) bestand nicht.

Auf die Gesamtzahl gebrochener Rippen beim Thoraxseitenanprall mit Impaktoren haben Anprallgeschwindigkeit und -masse, Alter, Thoraxbreite und Knochenmineralgehalt Einfluß und ermöglichen eine sehr gute Voraussage der Verletzungsschwere *TNFR* ($R = 0,89$). Die Abschätzung des Verletzungsrisikos $p(TAIS \geq 4)$ in Abhängigkeit von der Anprallenergie konnte durch die Größen Alter und Knochenmineralgehalt verbessert werden, wobei die Konkordanz in beiden Modellen um 20 %-punkte auf 90% stieg.

Beim Beckenseitenanprall zeigten Anprallgeschwindigkeit, Körperlänge und Beckenbreite einen signifikanten Beitrag auf die Gesamtzahl gebrochener Knochen *TNFB* ($R = 0,81$). Die Abschätzung des Verletzungsrisikos $p(BAIS \geq 3)$ durch die Anprallenergie allein wurde durch die zusätzliche Größen Alter, Beckenbreite bzw. Körperlänge verbessert und die Konkordanz konnte bis auf 84% erhöht werden.

Der Einfluß der Anprallgeschwindigkeit, des Alters und der Thoraxbreite auf Thoraxverletzungen konnte anhand der Analyse von Fahrzeugseitenkollisionsversuchen bestätigt werden. Eine gute Vorhersage der Verletzungsschwere *TNFR* war möglich ($R = 0,81$). Alter und Thoraxbreite verbesserten die Abschätzung des Verletzungsrisikos $p(TAIS \geq 4)$ in Abhängigkeit von der Anprallenergie, wobei die Konkordanz um bis zu 30 %-punkte auf 95% stieg.

Bei einer höheren Anprallintensität wird mehr Energie vom Körper aufgenommen, was zu einer stärkeren Deformierung des Thorax und Beckens und damit zu einer höheren Verletzungsschwere führt. Der Beitrag der Anprallgeschwindigkeit und An-

prallmasse wurde getrennt untersucht und die Verletzungswahrscheinlichkeit durch die Anprallenergie abgeschätzt.

Die Zunahme der Verletzungsschwere durch höheres Alter, die in einer Vielzahl von experimentellen und klinischen Studien belegt ist, konnte bestätigt werden. Sie erklärt sich durch degenerative Prozesse und die damit verbundene Verminderung der Resistenz des menschlichen Körpers auf einwirkende Kräfte.

Die höhere Verletzungsschwere bei breiterem Thorax bzw. Becken läßt sich über die Form und Masse und die damit verbundene höhere Massenträgheit erklären.

Der Einfluß des Knochenmineralgehalts auf das Verletzungsrisiko ist ebenso aus klinischen und experimentellen Studien bekannt. Eine Abnahme, wie sie im Lauf des Lebens auftritt und bei Osteoporose besonders stark ausgeprägt ist, führt zu einer Zunahme der Verletzungsschwere. Durch eine Demineralisierung des Knochens, die sowohl zu der Verdünnung der Kortikalis wie auch zu einem Verlust an Knochen-trabekeln führt, nimmt dessen Festigkeit ab.

Bei den Beckenseitenanprallversuchen konnte ein signifikanter Einfluß der Körperlänge auf die Verletzungswahrscheinlichkeit gefunden werden. Das höhere Verletzungsrisiko bei kleinerer Körperlänge läßt sich über Korrelation mit dem Alter, für das selbst kein signifikanter Beitrag gefunden werden konnte, erklären. Aufgrund der Bevölkerungsakzelleration sind junge Menschen größer und durch degenerative Prozesse an der Wirbelsäule im Alter kommt es zu einer Abnahme der Körperlänge.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß beim Seitenanprall des Thorax und Beckens Anprallintensität, Alter und Knochenmineralgehalt sowie Thorax- bzw. Beckenbreite die Verletzungsschwere und das Verletzungsrisiko entscheidend beeinflussen. Daher müssen diese Kenngrößen zur Bestimmung der biomechanischen Belastbarkeit des individuellen menschlichen Körpers berücksichtigt werden.