

Finite-Elemente-Modellierung der menschlichen Tibia für die computergestützte Unfallrekonstruktion

Asgharpour Z., Choisel N., Doerfel S., Peldschus S., Graw M.
Institut für Rechtsmedizin der Universität München

Einleitung

Ein Verständnis des biomechanischen Verhaltens von menschlichen Knochen bis zur Fraktur ist bei Verkehrsunfällen von wesentlichem Interesse. Die meisten Studien gibt es in der Literatur zum quasi-statischen Verhalten. In der vorliegenden Studie wurde ein Finite-Elemente-Modell der Tibia verwendet, um eine Validierung unter verschiedenen dynamischen Dehnraten durchzuführen.

Das Modell

In der folgenden Studie wird das numerische Menschmodell THUMS (Total Human Model for Safety) [Toyota] verwendet. Das Modell besteht aus etwa 10.800 Knoten und etwa 145.000 Elementen. 1.550 verschiedene Material Eigenschaften beschreiben die einzelnen Organe und Gewebe [Abbildung 1].

Material und Methoden

Mechanische Eigenschaften von Knochen wurden über eine umfangreiche Literaturrecherche ermittelt. Die Simulationen wurden mit der Software LS-DYNA der Firma Dynamore berechnet.

Der erste Teil dieser Studie befasst sich mit der Validierung der Tibia.

Die Tibia unterliegt einer Belastung durch einen zylindrischen Impaktor [Abbildung 2]. Drei Modelle der Tibia wurden dabei entwickelt: Zwei dieser Modelle zur Optimierung der quasi-statischen Bedingungen für kortikalen Knochen mit verschiedenen Dicken und das dritte Modell für dynamische Belastungen.

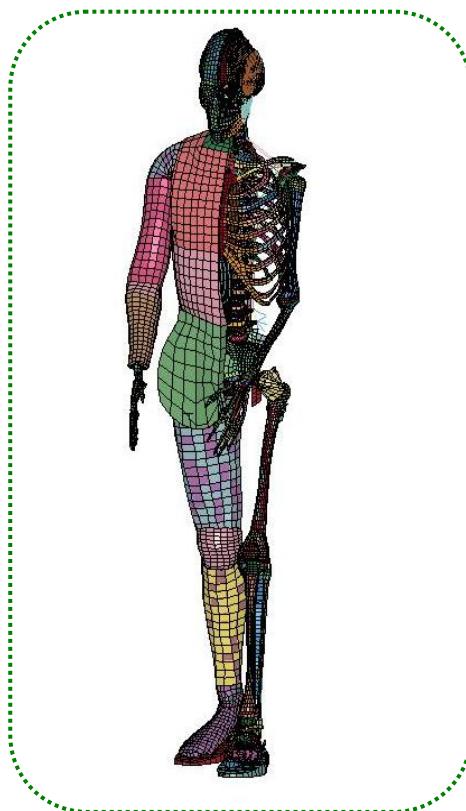


Abbildung 1 : THUMS Model (Total Human Model for Safety) Toyota

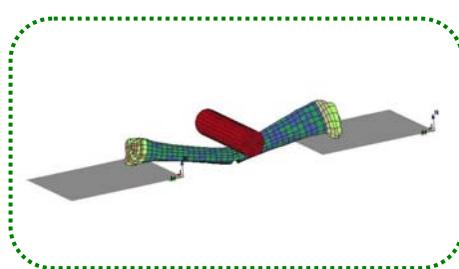


Abbildung 2 : Quasi-Statische 3-Punkt Biegung der Tibia

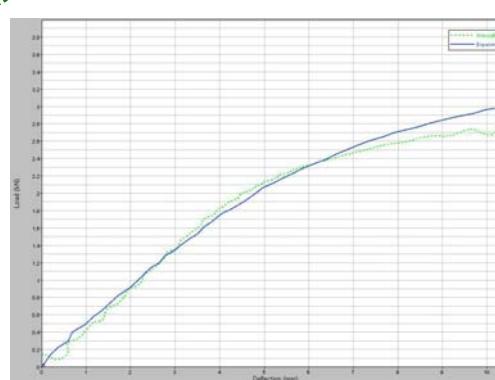


Abbildung 3 : Kontaktkraft von Tibia Diaphysis THUMS (in Grün) und der Versuch (in Blau) in Quasistatischer 3-Punkte Biegung

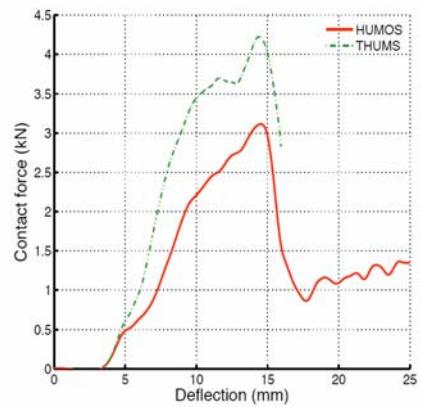


Abbildung 4 : Vergleich der Kontaktkräfte THUMS Model mit HUMOS Model

Ergebnisse und Diskussion

Als Grundlage für die Validierung dienen experimentelle Untersuchungen des Tibia von Yamada [1970].

Die entstehenden Kontaktkräfte der Versuche werden mit denen der Simulation verglichen.

Die Belastungsgeschwindigkeit wurde in einem breiten Bereich variiert. Die Ergebnisse aus der Simulation und dem Experiment zeigen gute Übereinstimmung für quasistatische wie auch für dynamische Belastung [Abbildung 3].

Der 3-Punkt-Biege Versuch wurde mit zwei unterschiedlichen Tibiamodellen, HUMOS und THUMS, simuliert. Der Einfluss der unterschiedlichen Geometrien der beiden Modelle wird in Abbildung 4 gezeigt. Es ist klar erkennbar, dass die Geometrie sehr wichtig ist und die Ergebnisse des quasi-statischen Tests beeinflusst.

Langfristig sollen diese Ergebnisse zur detaillierten computergestützten Rekonstruktion von Unfällen und dafür relevanten Verletzungsmechanismen beitragen.

Tabelle 1: Vergleich der Ergebnisse des Dynamische 3-Punkte Biegung von Validierete THUMS-Tibia mit Versuch von Kress [1995]

Impact Plane & Specimen	Experiment [Kress 1995] Max Kontaktkräfte (kN)	Simulation Max Kontaktkräfte (kN)	Geschwindigkeit (m/s)
A-P Tibia	2.21 (Männer) 1.86 (Frauen)	1.832	1.5