

Konstruktion eines innovativen 3D Modells des humanen Schallleitungsapparates, basierend auf histologischen Schliffbildern

S. Bradel^a, S. Bresdo^b, Th. Lenarz^a, G. Brandes^c, N. Prenzler^a

^a HNO-Klinik und Deutsches Hörzentrum Hannover (DHZ) der Medizinischen Hochschule Hannover

^b Institut für Kontinuumsmechanik (IKM) der Leibniz Universität Hannover

^c Institut für Zellbiologie im Zentrum Anatomie, Medizinische Hochschule Hannover

Einleitung

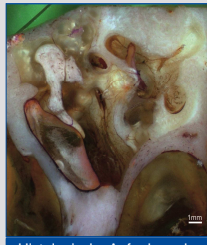
Die anatomisch genaue Darstellung der Gehörknöchelchenkette im 3D Modell ist für die Simulation mit dem Fokus der Optimierung von Mittelohrprothesen unerlässlich.

Material und Methoden

- humanes Felsenbein, eingebettet in ungefärbtes Epoxidharz
- drei Referenzmarkierungen, vertikal im Harzblock platziert
- Untersuchung durch μ CT
- Bearbeitung mittels Feinschliffmethode
- 151 Schleifdurchgänge im Abstand von ca. 35 μ m
- Oberflächenfärbung, modifiziert nach Mann-Dominici
- 20.996 histologische Fotografien der Schleifoberflächen in 4 -100 x Vergrößerungen
- 3D Rekonstruktion mittels CAD-Programm Rhinoceros[®] 5 (64-bit; McNeel)



Epoxidharzblock des Präparates



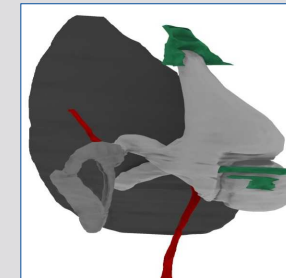
Histologische Aufnahme der gefärbten Schliffoberfläche

Ergebnisse

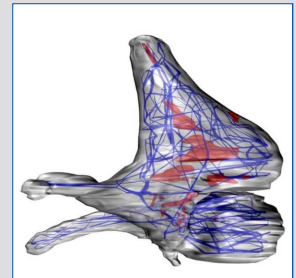
Durch die hohe Auflösung der histologischen Schliffbilder können nicht nur Hartgewebe in 3D dargestellt werden, sondern auch Weichgewebe wie das innere Blutgefäßsystem (blau) und Knorpelanteile (hellrot) im Knochen, Ligamente (grün), Muskeln (dunkelrot) und die Gelenkflächen der Ossikel.

Differenzierbare anatomische Strukturen im histologischen Datensatz im Vergleich zur μ CT-Rekonstruktion	
histologische Daten	μ CT Daten
Geflecht- und Lamellenknochen	kalzifizierte Knochenstruktur
Knorpel	nicht kalzifizierte Knochenanteile
Blutgefäße	
Gelenke der Gehörknöchelchen	
Ligamente der Gehörknöchelchen	
Binnenmuskeln des Mittelohres	

Das aus dem μ CT erstellte Modell erlaubt nur die Rekonstruktion von kalzifizierten (hellgrau) und nicht kalzifizierten (dunkelgrau) Strukturen. Durch das geringere Auflösungsvermögen ist eine Darstellung der feinen Blutgefäße nicht möglich.



3D Rekonstruktion der Mittelohrstrukturen aus Schliffbildern



3D Rekonstruktion der inneren Strukturen der Gehörknöchelchen aus Schliffbildern



3D Rekonstruktion der inneren Strukturen aus μ CT Daten

Schlussfolgerung

Für die Herstellung eines optimierten Simulationsmodells der menschlichen Gehörknöchelchenkette eignet sich besonders die Feinschliffmethode, da so alle Arten von Gewebe differenziert in einem computergestützten, dreidimensionalen Modell dargestellt werden können.

Bisher wurden zur mechanischen Simulation des Schallleitungsapparates die Binnenstrukturen der Ossikel, die exakte Faserrichtung der Ligamente und der histologische Aufbau der Gehörknöchelchengelenke vereinfacht. Die histologische Darstellung und 3D Modellierung des Mittelohres dient als Grundlage einer exakteren und damit optimierten Simulation der Schallübertragung im gesunden Mittelohr.

Literatur/Quellenangaben

Bradel S, Doniga-Privat L, Besdo S, Brandes G, Fehr M, et al. (2014) An enhanced 3D Model of the human middle ear. Biomed Tech 2014. p. 1248. DOI 10.1515/bmt-2014-5014.

Die vorliegende Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Sonderforschungsbereiches SFB 599 („Zukunftsfähige bioresorbierbare und permanente Implantate aus metallischen und keramischen Werkstoffen“) Teilprojekt D1 („Funktionalisierte Mittelohrprothesen“) unterstützt.