

Martin Gestewitz

Dr. med.

Rechnergestützte Simulation des Verhaltens der Perilymphe im Rahmen der Schallverarbeitung zum besseren Verständnis des passiven Cochleaapparates anhand eines authentischen anatomischen Modells der menschlichen Cochlea.

Fach/Einrichtung: Hals-Nasen-Ohrenheilkunde

Doktorvater: Prof. Dr. med. Mark Praetorius

Das Verständnis biophysikalisch wirkender Mechanismen und Prinzipien der Funktionsweise des Cochleaapparates ist bis in die heutige Zeit nicht vollständig erklärt. Die Untersuchung der passiven Arbeitsweise und Wirksamkeit des Systems ist daher weiterhin von großem wissenschaftlichem Interesse, bei fortbestehend schwieriger experimenteller Sachlage. Vorherrschende Modellannahmen vernachlässigen zuweilen die komplexe Morphologie des Systems und messen ihr nur eine geringe Bedeutsamkeit bei.

Die vorliegende Arbeit beruht auf einem Strömungsmodell im perilymphatischen Bezugssystem bei Annahme einer pulsatil-zyklischen Strömung entlang der Scala vestibuli, über das Helicotrema, hin zur Scala tympani. Unter Beachtung der Gesetzmäßigkeiten von Impuls- und Massenerhalt, sowie der Postulierung eines laminar strömenden, inkompressiblen Fluids, wurde vornehmlich zur jeweiligen Frequenzannahme auf die anfallende Strömungsgeschwindigkeit und Wandschubspannung fokussiert.

Dazu erfolgte zunächst präparationstechnisch die makroskopische und mikroskopische Zufräsung des Felsenbeinpräparates und eine nachfolgende Entkalkung und Klärung. Mittels der Selektive Plane Sheet Illumination konnte ein hochauflösender Bilddatensatz gewonnen werden, welcher es in Folge erlaubte das tubuläre System von Scala vestibuli und Scala tympani (ScVT) unabhängig von Scala media darzustellen. Ein hierauf beruhendes geometrisches Modell konnte in seiner Dimensionierung gut in Übereinstimmung mit morphometrischen Angaben gebracht werden. Im Querschnitt des tubulären Verlaufs von ScVT erweist sich auf halber Strecke das Helicotrema als geringster Querschnittsdurchmesser,- der Gesamtverlauf ähnelt dem einer Venturidüse.

Im Finite-Volumen-Verfahren wurde ein offenes Strömungssystem betrachtet zu jeweils erhobenen Frequenzannahmen im Tief-, Grund- und Hochtonbereich. Hierbei erwies sich eine jeweilige Frequenzannahme auf der Gesamtlänge von ScVT in ihrem Verlauf ähnlich zu beiden anderen, jedoch entfiel auf die höchste Frequenzannahme die weitreichendste Darstellung an Strömungsgeschwindigkeit und Wandschubspannung im Systemabschnitt von Scala tympani. Ein Referenzieren der jeweiligen Weite im System lässt sich mit ermittelten

Angaben einer unterstellten ortsspezifischen Frequenzpositionierung vereinbaren. Hinsichtlich des vorliegenden Strömungsmodells kommt dem Querschnittsverlauf von ScVT eine funktionell tragende Bedeutung zu. Das Vorliegen einer sich zur Querschnittsfläche gegenläufig entwickelnden Strömungsgeschwindigkeit stellte für die in der vorliegenden Arbeit gemachten Annahmen ein Grundmerkmal dar.

Perspektivisch gilt es vorliegende Modellannahmen zu ergänzen und die Datenlage zu Ausgangs- und Randbedingungen der Simulation experimentell zu festigen. Eine Fluid-Struktur-Interaktion angrenzender Systeme erscheint hierzu eine sinnvolle Erweiterung. Erklärungsansätze zur Funktionsweise des passiven Cochleaapparates müssen künftig mit Bezug zur Komplexmorphologie der Cochlea referenziert werden.