Untersuchungen zur Direktankopplung von aktiven Mittelohrimplantaten an das Innenohr

E. Graßhof, H. Mojallal, Th. Lenarz

Problemstellung

Durch vibromechanische Stimulation der Rundfenstermembran statt der Ossikelkette könnten viele Probleme bei der Ankopplung von implantierbaren Hörsystemen gelöst werden:

- Versorgbarkeit kombinierter Schwerhörigkeiten
- Geringerer Feedback durch geringeren Energietransfer zum Trommelfell
- Hoher Energieeintrag in die Cochlea durch geringere Verluste
- Höhere Eingangsimpedanz ermöglicht kleinere Wandler.
- Potentiell navigationsgestützter, minimal invasiver Zugang zur Rundfenstermembran ist möglich

Untersucht werden sollte die Frage, ob sich ein vorhandener piezoelektrischer Wandler zur Ankopplung an die Rundfenstermembran eignet.

Methode

An menschlichen Felsenbeinpräparaten wurde nach Mastoidektomie, Antrotomie und posteriorer Tympanotomie die Rundfenstermembran freigelegt und der Stapesüberbau entfernt. Der Piezo-Wandler mit angeflanschter Koppelprothese wurde am Rande des Mastoids befestigt und unter mikroskopischer Sicht auf die Rundfenstermembran ausgerichtet. Die Stimulation erfolgte mit Sinussignalen bei 1,2 und 4 kHz mit $U=6V$. Unter laufendem Laser-Doppler (LDV)-Monitoring von der Stapesfußplatte erfolgte eine Ankopplungsoptimierung durch Feinvortrieb des Piezowandlers. Es wurden vergleichende LDV-Messungen vom Ort der Stimulation am RF und am OF vorgenommen.

Die Flächenverhältnisse von Rundfenstermembran (RF) und ovalem Fenster (OF) wurden im Mittel bestimmt mit $RF \sim 1.77 \text{ mm}^2$ ($\varnothing 1,5 \text{ mm}$) und $OF \sim 6 \text{ mm}^2$ ($1,5 \times 4 \text{ mm}$). Das Flächenverhältnis betrug somit etwa 1:3,4.

Design einer Titan-Koppelprothese zur Ankopplung an die Rundfenstermembran

Aktor auf Rundfenstermembran

Vibromechanische Stimulation der Rundfenstermembran mittels Piezowandler, LDV von der Stapesfußplatte.

Ergebnis

Es findet sich eine mittlere Dämpfung der Schwingungsamplitude von -9,3 dB bei entferntem Stapesüberbau zwischen stimulierter Rundfenstermembran und der Stapesfußplatte. Das Flächenverhältnis von ovalem Fenster zu rundem Fenster (1:3,4) entspricht -11 dB.

Entsprechend den Erwartungen (s. Literatur) finden sich in unseren Versuchen Amplitudendämpfungen bezogen auf die Fläche von rundem und ovalem Fenster zwischen 500 Hz – 6 kHz von maximal 3 dB.

Bei erhaltener Ossikelkette werden Dämpfungen um 35dB gemessen, bis zum Trommelfell etwa 55 dB.

Fazit

Ein Eintrag von Schwingungsenergie in die Cochlea mittels eines starren Koppel-elementes ist auch mit verfügbaren Aktoren nach Modifikation ohne wesentlichen Verlust vom runden Fenster aus möglich. Kleinere Wandler könnten minimal invasiv navigationsgestützt ggf. unter Neuromonitoring implantiert werden.