

# Kraftmessung bei Einführung der Elektrode eines Cochlea-Implantates in die Hörschnecke

O. Majdani<sup>1</sup>, P. Mane, T. Ortmaier<sup>2</sup>, T. Lenarz<sup>1</sup> Th. S. Rau<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Medizinische Hochschule Hannover, Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Hannover

<sup>2</sup>Leibniz Universität Hannover, Institut für Mechatronische Systeme, Hannover

Kontakt: Majdani.Omid@MH-Hannover.de

## Abstract:

In den vergangenen 5 Jahren wurden zunehmend mehr Patienten mit hochgradiger Schwerhörigkeit oder frequenzselektiver, partieller Taubheit mit einem Cochlea-Implantat (CI) versorgt. Dabei soll das Resthörvermögen erhalten bleiben. Dies kann erzielt werden, wenn während der Einführung der Elektrode in die Hörschnecke die Feingewebsstrukturen der Hörschnecke (Cochlea) nicht verletzt werden. Ein Maß für die Verletzung ist die Messung der Insertionskräfte während des Insertionsprozesses. Hierzu hatten wir bereits ein Insertionssetup für hochgenaue Messungen aufgebaut [1]. Ein vollautomatisches Insertionstool soll künftig programmiert auf Basis der patientenspezifischen Bildgebung die Insertion der CI Elektrode in die Hörschnecke ermöglichen. Auf dem Weg dahin haben wir den zweiten, modifizierten Prototyp des Insertionstools und Kraftmesssensorik aufgebaut, dessen Aufbau in diesem Beitrag vorgestellt werden soll.

Schlüsselworte: Cochlea-Implantat-Insertion, Kraftmessung, resthörerhaltende Cochlea-Implantat-Chirurgie

## 1 Problem

Derzeit sind annähernd 200.000 Patienten weltweit mit Cochlea-Implantaten versorgt. Während sich bis vor 6 Jahren die Kriterien der CI-Versorgung noch auf Taubheit oder an die Taubheit grenzende Schwerhörigkeit beschränkten, werden derzeit zunehmend Patienten mit hochgradiger Schwerhörigkeit versorgt. Diese können trotz Normalhörigkeit bis moderater Schwerhörigkeit im Tieftonbereich wegen der selektiven Hochtontaubheit von einem Hörgerät wenig profitieren. Dabei ist der Erhalt des Resthörvermögens für diese Patienten ein entscheidendes Kriterium. Durch den Erhalt des Resthörvermögens kann das Sprachverständnis dieser Patienten, verglichen zur reinen CI-Versorgung, signifikant verbessert werden. Zudem bleibt der natürliche Klang in den Frequenzbereichen, die noch akustisch wahr genommen werden, erhalten. Voraussetzung für den Erhalt des Resthörvermögens ist die Kombination mehrerer Faktoren: die Art der Eröffnung der Hörschnecke (Cochleostomie), das Design, die Länge und die Beschaffenheit der eingesetzten Elektrode sowie die zugehörige Insertionstechnik. Ziel ist es, die intracochleären (in der Hörschnecke liegenden) anatomischen Substrukturen zu erhalten.

Aus Untersuchung von Ishii et al [2] geht hervor, dass ein vulnerabler Anteil der intracochleären Substrukturen, dessen Verletzung zur sofortigen Ertaubung führen würde, namentlich „Basilamembran“, Kräfte von 0,029N bis 0,039N stand hält. Unsere Bestrebung war eine Methode zu etablieren, mit der die Insertionskräfte bei der Einführung der Cochlea-Implantat-Elektroden gemessen werden können. Die Methodik soll die Evaluation verschiedener Insertionstechniken, beispielsweise manueller Insertion vs. Insertion mittels eines Insertionstools, sowie die auftretenden Kräfte bei verschiedenen Elektroden ermöglichen.

## 2 Methoden

Für die Kraftmessung wurde ein experimentelles Setup aus folgenden Einheiten zusammengebaut: Als Sensor kam der XF-3030 (FGP Sensors and Instrumentation, Vernouillet, Frankreich) mit zugehörigem Signalverstärker zur Anwendung. Er zeichnet sich durch eine hohe Überlastbarkeit (5-fach in Zug- und 10-fach in Druckrichtung) aus. Der Sensor kann für folgende Messbereiche geeicht werden:  $\pm 1$ ,  $\pm 2$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 10$  N; Nichtlinearität  $< \pm 0,1$  %.

Die Digitalisierung und Übertragung der Messdaten auf einen Rechner erfolgte durch eine Analog-Digital-Karte mit 16 Kanälen (DAQPad-6070E, National Instruments, Austin, TX). Zur Aufzeichnung der Messdaten und deren Auswertung wurde das Programm Labview (National Instruments) eingesetzt.

Zur Durchführung der Versuche wurde ein durchsichtiges Cochleamodell aus Kunststoff eingesetzt. Die Gestalt des unteren Tunnels der Cochlea (Scala tympani) war als Hohlraum in dem Kunststoffblock im Maßstab 1:1 abgebildet (MedEL, Innsbruck, Österreich). Zur Befestigung des Cochleaphantoms auf der Messzelle wurde ein spezieller Halter aus Aluminium hergestellt. Die Konfiguration wurde so gewählt, dass die Orientierung der Hörschnecke den realen Bedingungen bei einer Insertion durch die posteriore Tympanotomie entspricht.

Nucleus Contour Advance Übungs-Elektroden (Cochlear, Sydney, Australien) wurden für diese Studie verwendet. Diese Elektroden weisen dieselben mechanischen Eigenschaften auf, wie die tatsächlich in den aktuellen CI512-Reihe verwendeten Elektroden desselben Herstellers, sind jedoch wegen elektrischer Kontaktprobleme bei der Produktion aussortiert worden. Die Elektroden haben 24 Kontakte und bestehen aus Silikon. Die Elektrode ist derart vorgeformt, dass sie sich innerhalb der Hörschnecke um die zentrale Achse, die das Zielorgan - den Hörnerven enthält - krümmt. Damit die Elektrode aber zunächst in die Hörschnecke eingeführt werden kann, wird sie durch einen Platin-Draht (Stilet) der in der Längsachse der Elektrode eingebracht ist, gerade gehalten. Während der Insertion der Elektrode wird dieser Draht nach und nach aus dem Silikon-Träger herausgezogen, während die Elektrode in die Tiefe der Hörschnecke hineingeschoben wird. Dieses Verfahren wird „Advanced Off Stylet“ Technik genannt.

### 3 Ergebnisse

Das in [1] dargestellte Setup für die Messung der Insertionskräfte bei Cochlea Implantat Operationen wurde in unserem zweiten Aufbau im Bereich der Kraftmessensorik verändert, um trotz der Auflösung im  $\mu\text{N}$ -Bereich höhere Gesamtkräfte auswerten zu können. Dies sind insbesondere bei der Anpassung des Cochlea Modells an anatomischen und physiologischen Randbedingungen (Orientierung der Cochlea relativ zu der Richtung der Insertion, Anpassung der Temperatur im Messbereich) notwendig. Dadurch sollen die zuvor gemessenen Artefakte (Kontakt der Elektroden an Cochleostomie) aufgehoben und künftig realitätsnahe Messungen am Phantom ermöglicht werden. Zudem werden die Messreihen nun mit dem Programm Labview aufgenommen, um bei Veränderungen der Versuchprotokolle schneller interagieren zu können und den Messstand flexibler gestalten zu können, beispielsweise um künftig unterschiedliche Elektroden inserieren und dabei die entstandenen Kräfte messen zu können. Die Messergebnisse werden bei dem Vortrag präsentiert werden.

### 4 Diskussion

Zur Erfassung der Potenz einer Elektrode sowie der Insertionstechnik zum minimal-traumatischen Einführen der Elektrode in die Cochlea kann die Kraftmessung während des Insertionsprozesses wertvolle Hinweise liefern. Während verschiedene Publikationen wie Todd et al [3] oder Roland et al [4] bei vergleichbarer Vorgehensweise eine andere Messtechnologie eingesetzt (Instron 5543-Kraftmessmaschine), haben wir uns eine Eigenentwicklung eines Insertionsprüfplatzes entschieden. Der Grund hierfür ist, dass die bei [3] und [4] eingesetzte Kraftmesstechnik für Kräfte unter 0,1N nicht kalibriert ist. Unsere bisherigen Ergebnisse lagen erheblich tiefer als diese Zahl.

Die Kraftmessung bei der Insertion von CI-Elektroden kann auf die mögliche intracochleäre Schädigung bei der Insertion durch die Wahl der Elektrode oder Insertionstechnik hindeuten. Weitere Messungen an Felsenbeinpräparaten von Körperspendern werden folgen, um realitätsnahe Messwerte zu erheben.

### 5 Referenzen

- [1] Majdani O, Schurzig D, Hussong A, Rau T, Wittkopf J, Lenarz T, Labadie RF. Force measurement of insertion of cochlear implant electrode arrays in vitro: comparison of surgeon to automated insertion tool. *Acta Otolaryngol.* 2010;130(1):31-6.
- [2] Ishii T, Takayama M, Takahashi Y. Mechanical properties of human round window, basilar and Reissner's membranes. *Acta Otolaryngol Suppl* 1995;519:78-82.
- [3] Todd C, Naghady F, Svehla M. Force application during cochlear implant insertion: an analysis for improvement of surgeon technique. *IEEE Trans Biomed Eng* 2007;54:1247-1255.
- [4] Roland JT. A model for cochlear implant electrode insertion and force evaluation: results with a new electrode design and insertion technique. *Laryngoscope* 2005;115:1325-1339.