

Modelle des elektrischen Hörens: vom Spiralganglion bis zur kognitiven Wahrnehmung

Moderne Cochlea Implantate (CI) zeigen heute schon die Fähigkeit, eine sensorisch bedingte Ertaubung in einem hohen Maß zu kompensieren. Klinische Studien mit neuartigen Codierungsstrategien (Signalverarbeitung im CI) zeigen, dass erwünschte Verbesserung meist nur bei einem Teil des Probandenkontingents zu finden ist. Dieses Phänomen lässt darauf schließen, dass interindividuelle Unterschiede zwischen Patienten bei der Konzipierung von Codierungsstrategien stärker beachtet werden müssen, als dies bis heute der Fall ist. In Hinblick auf die Individualisierung von Codierungsstrategien ist jedoch ein tieferes Verständnis darüber nötig, wo individuelle Unterschiede vorkommen können und wie sie sich auf die Wahrnehmung von Cochlea Implantat Trägern auswirken. Um Strategien entwickeln zu können, die in der Lage sind auf solche individuellen Unterschiede einzugehen oder gar sie zu kompensieren, müssen diese erst erkannt und deren Wirkungsweise z.B. auf die Sprachwahrnehmung verstanden werden.

Das hier vorgestellte Modellframework ist Bestandteil eines Individualisierungskonzeptes zur Computer unterstützten Synthese von Codierungsstrategien, das aus objektiven Messungen, Modellanpassung und automatischer Strategiesynthese besteht. Das Framework an sich beinhaltet Modelle auf unterschiedlichen Komplexitäts- und Abstraktionsebenen, die je nach Fragestellung Anwendung finden und kombiniert werden können. Dabei können die wichtigsten anatomischen, physiologischen und operativen Parameter im Rahmen ihrer Streuung variiert werden und deren Einfluss auf die Reizausbreitung sowohl qualitativ aber auch quantitativ erfasst werden. Das Modellframework besteht aus vier Modellebenen, der CI-Ebene bestehend aus der Signalverarbeitung (Codierungsstrategie), einer Ebene bestehend elektroanatomischen Modellen (EAM) zur Beschreibung der elektrischen Feldausbreitung entlang der Cochlea, der neuralen Ebene bestehend aus Modellen des auditorischen Nerven und der kognitiven Ebene bestehend aus Modellen zur Umwandlung von Reiz Mustern in Wahrnehmungsgrößen.

Die elektroanatomischen Modelle ermöglichen auf einer niedrigen Abstraktionsebene die Interpretation interindividueller Unterschiede, wie z.B. die individuellen Reizübersprechverläufe SOE (Spread of excitation), wie sie bei Nelson et al. 2008 und 2011 beschrieben werden. Ferner erlauben sie die Übertragung dieser Unterschiede auf eine höhere Abstraktionsebene zur Untersuchung der Auswirkungen auf die neurale Repräsentation.

Die neurale Ebene beinhaltet ebenfalls Modelle in unterschiedlicher Abstraktionsgeraden. Ein Nerven Model auf niedriger Abstraktionsebene dient hierbei zur Untersuchung der Einzelpuls Eigenschaften der Nervenzelle. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse könne anschließend in ein abstrakteres Modell der Gesamtpopulation übergeführt werden, mit dem eine größere Population von Nerven untersucht werden kann. Zur Untersuchung neurophysiologischer Variationen, wie der Verteilung der Nerven Fasern und der Entstehung von „Dead Regions Zonen(DRZ)“ (Moore und Glasberg 1997), werden die im EAM ermittelten

SOE Verläufe auf ein Nervenpopulationsmodell übertragen, bei dem die Zahl und die Verteilung der Spiralganglienzellen entlang der Cochlea variiert werden kann (Nicoletti 2013).

Die Kognitive-Modellebene besteht aus Modellen zur Abschätzung der Erkennung bzw. Differenzierung abstrakterer Größen wie der Lautheitsempfindung, der Richtungsdifferenzierung oder der Sprachdiskrimination.

Blamey, P., *Are spiral ganglion cell numbers important for speech perception with a cochlear implant?* *Am J Otol*, 1997. 18(6 Suppl): p. S11-S12.

J. J. Briaire and J. H. Frijns. *Field patterns in a 3d tapered spiral model of the electrically stimulated cochlea.* *Hear Res*, 148(1-2):18-30, Oct 2000.

Khan, A.M., et al., *Is word recognition correlated with the number of surviving spiral ganglion cells and electrode insertion depth in human subjects with cochlear implants?* *Laryngoscope*, 2005. **115**(4): p. 672-677.

Moore, B. and B. Glasberg, *A model of loudness perception applied to cochlear hearing loss.* *Auditory Neuroscience*, 1997. **3**(3): p. 289-311.

D. A. Nelson, G. S. Donaldson, and H. Kreft. *Forward-masked spatial tuning curves in cochlear implant users.* *J Acoust Soc Am*, 123(3):1522-1543, Mar 2008.

D. A. Nelson, H. A. Kreft, E. S. Anderson, and G. S. Donaldson. *Spatial tuning curves from apical, middle, and basal electrodes in cochlear implant users.* *J Acoust Soc Am*, 129(6):3916-3933, Jun 2011.

M. Nicoletti, M., C. Wirtz, and W. Hemmert. *The technology of binaural listening, chapter: Modeling Sound Localization with Cochlear Implants*, p.309-331. Springer, 2013.