Die RateCIS Strategie für das Cochlea Implantat COMBI 40+

Andrea Nobbe

Vormals: Ludwig-Maximilians Universität München, 81377 München, Deutschland
Jetzt: Med-El GmbH, 6020 Innsbruck, Österreich, Email: andrea.nobbe@medel.com

Einleitung

Bei Cochlea Implantaten wird ein Eingangssignal von einer Filterbank analysiert und die Energie der einzelnen Filterbänder als elektrische Pulse an Elektroden in der Cochlea weitergeleitet. Zwischen den Elektroden in der Cochlea und einer Referenzelektrode wird ein elektrisches Feld aufgebaut, das den Hörnerv erregt. Diese Erregnung wird von Gehirn als Hörwahrnehmung interpretiert. Die derzeitig verfügbaren Technologien bei Cochlea Implantaten ermöglichen den meisten Patienten ein hohes Maß an Sprachverstehen, Musik zu hören und zu genießen ist jedoch für viele weiterhin ein Problem. Aus der Literatur ist bekannt, dass Melodien unzureichend übertragen werden und auch eine zufrieden stellende Klangqualität und Instrumentenerkennung für viele nicht gewährleistet ist [1, 2,3]. Ein Grund dafür liegt in der limitierten Übertragung feiner spektraler Unterschiede. Ziel dieser Arbeit war es die Codierungsstrategie CIS [4] so zu verändern, dass ein erweitertes Frequenzspektrum angeboten werden kann.

Tonhöhenwahrnehmung bei elektrischem Hören

In Vorarbeiten wurden Parameter untersucht, die die Tonhöhe bei elektrischem Hören beeinflussen. Gemäß der Tonotopie in der Cochlea rufen die Elektroden an verschiedenen Orten unterschiedliche Tonhöhen hervor. Es konnte gezeigt werden, dass der Elektrodenabstand von 2,4 mm beim Implantat Combi 40+ von MED-EL im Mittel über acht Versuchspersonen signifikant unterschieden werden kann [5].

Neben der Ortsinformation wird bei normalem Hören auch die zeitliche Information ausgewertet. Diese kann bei Cochlea Implantaten durch die Stimulationsrate übertragen werden. Versuche zum Einfluss der Stimulationsrate auf die Tonhöhe an einzelnen Elektroden haben gezeigt, dass sich im Mittel über zehn Versuchspersonen eine Erhöhung der Stimulationsrate über 300 pps nicht auf die Tonhöhenwahrnehmung auswirkt [6]. Des Weiteren ergibt sich ein Anstieg der Tonhöhe zwischen 100 und 300 pps, der im Verlauf für vier verschiedene Elektrodenorte gleich ist, jedoch je nach Lage der Elektrode in der Tonhöhe verschoben ist. D.h., dass bei elektrischer Stimulation die Wahrnehmung von Stimulationsratenänderungen abhängig ist vom Elektrodenort.

In einem weiteren Versuch wurde untersucht, wie groß Stimulationsratenänderungen sein müssen, um eine gerade wahrnehmbare Tonhöhenänderung hervorzurufen. Dabei stellte sich wiederum heraus, dass Stimulationsratenänderungen an verschiedenen Orten der Cochlea in gleicher Weise analysiert werden. Es ergab sich für Grundfrequenzen unter 300 pps ein gerader wahrnehmbarer Stimulationsratenunterschied von 25% [3].

Stimulationsratenänderungen sind außerdem immer verbunden mit Klangfarbenänderungen. So werden niedrige Stimulationsraten an einzelnen Elektrodenorten als eher unklare Töne wahrgenommen. Erst ab einer Stimulationsrate von ca. 600 pps stellt sich eine klare Klangqualität ein [6].

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich Stimulationsratenänderungen nur in geringem Maße dazu eignen das Frequenzspektrum zu erweitern, da sie nur in einem limitierten Bereich und mit limitierter Schrittweite wahrnehmbar sind.

Aufbau der RateCIS Strategie

Die Ergebnisse der Experimente zur Tonhöhenwahrnehmung wurden in eine veränderte CIS Strategie eingearbeitet. Ziel der RateCIS Strategie ist es die Tonhöhenwahrnehmung an einzelnen Kanälen gezielt zu verändern, so dass ein breiteres Frequenzspektrum entsteht. Dazu wurde für 6 Elektroden eine variable Stimulationsrate eingeführt. Die Stimulationsrate wechselt nach einem Unterscheidungskriterium zwischen der normalen CIS Rate von 1515 pps und einer niedrigen Rate von 252 pps. Dazu wird die Filterbank von 12 auf 18 Bänder erhöht. Den 6 Elektroden werden jeweils zwei Bänder der Filterbank zugewiesen. In jedem Stimulationszyklus der Elektrode wird entschieden, ob in dem höher oder niedriger gelegenen Band mehr Energie ist. Dementsprechend wird die Elektrode dann mit der hohen oder niedrigen Rate stimuliert um eine höhere oder eine tiefere Tonwahrnehmung zu erzeugen.

Electrode	E1	E2	E3	E4		E5		E6	
Filter Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Decision	no	no	no	?<>?		?<>?		?<>?	
Rate	252	1515	1515	252	1515	252	1515	252	1515

Electrode	E7		E8		E9		E10	E11	E12
Filter Nr	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Decision	?<>?		?<>?		?<>?		no	no	no
Rate	252	1515	252	1515	252	1515	1515	1515	1515

Tabelle 1: Zuordnung der Filterbänder zu Elektroden und Stimulationsraten

Die Elektrode E1 am apikalen Ende der Cochlea wird konstant mit der niedrigen Rate stimuliert, da bei besonders tiefer Insertion manchmal die apikalsten Elektroden E1 und E2 nicht unterscheidbar sind.

Tests der RateCIS Strategie

Die RateCIS Strategie wurde mit neun postlingual ertaubten Erwachsenen getestet. Die Filtergrenzfrequenzen wurden für alle Versuchspersonen gleich eingestellt; es waren jeweils 12

Elektroden stimulierbar. Die Hörversuche wurden über eine Research Interface Box (Universität Innsbruck) durchgeführt. Dabei konnten die Signalverarbeitung und die Ansteuerung des Implantats über ein 'Matlab'® Programm realisiert werden. Dadurch war es nicht möglich in den Live Speech Modus zu gehen. Das Testmaterial bestand aus wavfiles mit einer maximalen Länge von 3,5s.

Es wurden Zahlenverständnis, Mehrsilberverständnis und der HSM Satztest für die RateCIS im Vergleich mit der CIS Strategie getestet. Zusätzlich wurde in einem Fragebogen die Sprachqualität bewertet. Die Versuchspersonen sollten außerdem kleine, einstimme Melodien mit beiden Strategien vergleichen und die Musikqualität bewerten. Am Ende der Tests sollte eine Entscheidung getroffen werden, welches der Programme für Sprache oder Musik bevorzugt wurde.

Ergebnisse

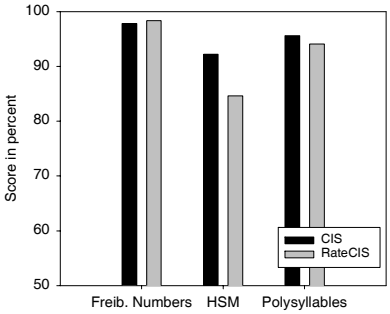

Abbildung 1: Sprachverstehen in Prozent für CIS und RateCIS im Mittel über 9 Versuchspersonen.

Für die Sprachtests ergab sich für den HSM Satztest ein Vorteil für die CIS Strategie, bei Zahlen und Mehrsilbern lag das Verstehen im Mittel auf gleichem Niveau. Bezüglich der Sprachbewertung konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Strategien festegestellt werden.

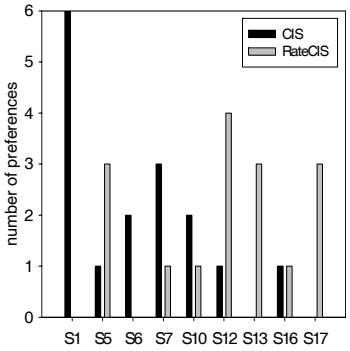

Abbildung 2: Anzahl der Melodien, die mit CIS oder RateCIS bevorzugt wurden für 9 Versuchspersonen.

Beim Melodietest ergaben sich große individuelle Unterschiede. Versuchsperson S1 bevorzugte alle 6 Melodien mit der CIS Strategie, S17 bevorzugte drei Melodien mit der RateCIS Strategie, die anderen Melodien klangen mit beiden Strategien gleich. Bezüglich der Klangbewertung ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Strategien.

Die Schlussbewertung der beiden Strategien für Sprache und Musik zeigt Abbildung 3. Sechs der Versuchspersonen bevorzugten die CIS Strategie für Sprache, bzgl. eines Musikprogramms entschieden sich 6 der Versuchspersonen für die RateCIS Strategie.

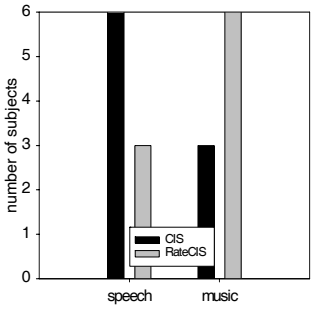

Abbildung 1: Anzahl der Versuchspersonen die CIS oder RateCIS für Sprache und Musik bevorzugen.

Ausblick

Die RateCIS Strategie wurde in einem ersten Versuch getestet. Um die Strategie genauer zu untersuchen sollte man allerdings versuchen die niedrige Stimulationsrate individuell einzustellen, ebenso wie die Auswahl der Elektroden für variable Stimulationsrate. Auf diese Weise könnten neue Tonhöheneindrücke an solchen Stellen hervorgerufen werden, wo zwischen zwei Elektroden ein großer perzeptiver Unterschied besteht. So könnte individuell eine Art Tonleiter gebaut werden. Des weiteren müsste die RateCIS Strategie über einen längeren Zeitraum und in einem normalen Umfeld getestet werden, damit sich die Patienten an die neue Strategie gewöhnen und dann differenzierter antworten können.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die RateCIS Strategie für manche Cochlea Implantat Träger als zusätzliches Musikprogramm geeignet wäre in Ergänzung zur CIS Strategie.

Literatur

[1] Gfeller, K., Christ, A., Knutson, J.F., Witt, S., Murray, K.T. & Tyler, R.S. (2000). "Musical backgrounds, listening habits and esthetic enjoyment of adult cochlear implant recipients," J. Am. Acad. Audiol. 11, 390-406

[2] Nobbe, A., Krueger, B., Lesinski-Schiedat, A. & Baumann, U. (2004). "Melody recognition test with cochlear implants," 2004 Int. Conference Music Percept., Chicago

[3] Baumann, U. & Nobbe, A. (2004b). "Pulse rate discrimination with deeply inserted electrode arrays," Hear. Res., 196, 49-57

[4] Wilson, B.S., Finley, C.C., Lawson, D.T., Wolford, R.D., Eddington, D.K., & Rabinowitz, W.M. (1991). "Better speech recognition with cochlear implants," Nature 352, 236-238

[5] Baumann, U. & Nobbe, A. (2004). "Pitch ranking with deeply inserted electrode arrays," Ear Hear. 25, 275-283

[6] Baumann, U. & Nobbe, A. (2003) "Pitch and sound quality estimations with deeply inserted electrodes," In: 6th EFAS Congress, Book of Abstracts, 71