

Diss. ETH Nr. 7229

KOMMUNIKATIONSVERBESSERUNG BEI SENSORISCH TAUBEN PATIENTEN
DURCH ELEKTRISCHE STIMULATION AM RUNDEN FENSTER
MITTELS INDUKTIVER UEBERTRAGUNG

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der

EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZUERICH

vorgelegt von

Josef H. Güntensperger

Dipl. El.-Ing. ETH

geboren am 1. Juni 1953

von Eschenbach (Kanton St.Gallen)

Prof. Dr. M. Anliker, Referent

Prof. Dr. med. U. Fisch, Korreferent

1983

Zusammenfassung

Durch elektrische Stimulation des Hörnervs mittels geeignet platzierter Elektroden lassen sich bei sensorisch tauben Patienten Hörempfindungen erzeugen. Auf dieser Tatsache basieren sogenannte Innenohrprothesen, die seit etwa 15 Jahren im Rahmen von Pilotstudien klinisch erprobt werden. Da es mit den bisherigen mehrkanaligen Prothesen nicht gelang, voneinander unabhängige Teile des Hörnerves zu reizen und damit eine signifikant bessere Hörhilfe zu erreichen als mit einer einzelnen Elektrode, wurde beschlossen, ein neues einkanaliges Übertragungs- und Stimulationssystem zu entwickeln, das an einem grösseren Patientenkollektiv implantiert und bezüglich des vermittelten Sprachverständnisses bei verschiedenen Kodierungsverfahren erprobt werden kann. Um das Operationsrisiko möglichst klein zu halten und eine Eröffnung des Innenohres und eine allfällige Schädigung des Hörnervs zu vermeiden, wird im neuen System die aktive Elektrode am runden Fenster im Mittelohr befestigt. Dies bietet den Vorteil, dass die neue Prothese in einem späteren Zeitpunkt durch ein fortgeschritteneres System leicht ersetzt werden könnte. Zwecks Minimalisierung der Infektionsgefahren werden die Stimulations-signale nicht über einen Hautstecker sondern mit Hilfe einer implantierten Empfangsspule übertragen. Für den täglichen Gebrauch erhält der Patient einen tragbaren Sprachprozessor mit eingebautem Mikrophon. Als Stimulationsparameter dienen dabei die Nulldurchgänge und die Umhüllende des Sprachsignals.

Drei Patienten - U.T.: 41 Jahre, postlingual ertaubt
- E.P.: 32 Jahre, prälingual ertaubt
- R.G.: 26 Jahre, prälingual ertaubt

erhielten ein solches System und nahmen über 5, 12 und 14 Monate an der Evaluation der Kommunikationsverbesserung teil. Die funktionelle Evaluation der neuen Prothese und die Prüfung der durch sie ermöglichten Hörempfindungen erfolgt mit Hilfe eines Minicomputersystems, das den Ablauf der Untersuchungen steuert und die Testdaten laufend erfasst. Dank dieser Computerunterstützung können Hör- und Schmerzschwellenbestimmungen, Frequenz- und Amplitudendiskriminationsprüfungen sowie Sprachverständnisabklärungen bei verschiedenen Kodierungsalgorithmen speditiv und einheitlich durchgeführt werden. Die relative Verbesserung des Lippenablesens durch die elektrische Stimulation, wird dabei über das Mikrofon des Sprachprozessors bei natürlicher Sprache bestimmt.

Von der ersten bis zur letzten funktionellen Evaluation blieben die Hörschwellen bei allen 3 Patienten unverändert. Die kleinsten, noch wahrnehmbaren Unterschiede bezüglich der Frequenz und Amplitude sind mit den entsprechenden akustischen Werten Normalhörender vergleichbar, zum Teil sogar besser. Das Periodizitätshören reicht bis 250 Hz. Der Dynamikbereich beträgt 8-10 dB. Bei elektrischer Stimulation allein erreichen die Erkennungsraten von zweistelligen Zahlen 60 % (U.T.). Die Erkennungsrate von R.G. stieg mit zunehmender Untersuchungszeit stetig an. Beim "Speech Tracking" mit zusammenhängendem Text beträgt die relative Verbesserung bei der Verwendung der neuen Prothese in Kombination mit dem Lippenablesen gegenüber dem Lippenablesen allein bis zu 125 % (U.T.). Männer- und Frauenstimmen können mit der Prothese allein unterschieden werden, ebenso die Vokale A und I.

Obwohl auch mit der neuen Hörprothese allein kein Sprachverständnis erreicht wird, erlaubt sie den Patienten in Verbindung mit dem Lippenablesen Gespräche viel entspannter zu verfolgen und besser zu verstehen. Der Kontakt zur akustischen Umwelt steigert ihr Selbstvertrauen. Sie möchten auf keinen Fall auf die Prothese verzichten.

Abstract

In patients with sensory deafness it is possible to generate hearing sensations by electrically stimulating the acoustic nerve with the aid of suitably placed electrodes. Based on this fact several research groups have developed various kinds of inner ear prostheses during the past 15 years and tested them clinically in the sense of pilot studies. So far no one has succeeded in stimulating independent parts of the acoustic nerve by means of multi-electrode prostheses and in thereby attaining a significantly better comprehension of acoustic signals than it was up to now possible by utilizing a single electrode. Therefore it was decided to develop a new prosthesis with a single active electrode which is fixed to the round window and accordingly does not require an invasion of the inner ear. This type of prosthesis has three major advantages. First, it requires only minor surgery for attaching the electrode to the round window and for the implantation of the receiving coil needed to transmit inductively the stimulation signals. Second, at a later time such a prosthesis could easily be replaced by a more advanced version if one should become available. Third, in view of the minimal risks involved in the surgery needed for implantation there should be a wider interest among the possible candidates for such a prosthesis. This aspect is insofar important as a sufficiently large group of patients is needed for an incisive evaluation of the hearing sensations generated with the many different algorithms that can be utilized to transform acoustic signals into electrical stimulation patterns. For this new prosthesis a portable speech processor was developed with a built-

in microphone, a hard-wired algorithm and a port for computer-interfacing and testing other algorithms.

Three patients - U.T.: 41 j., postlingually deafened
- E.P.: 32 j., prelingually deafened
- R.G.: 26 j., prelingually deafened

received such a system and participated over 5, 12 and 14 months in the evaluation of the communication-improvement provided by the prosthesis. The determinations of the threshold for hearing and pain, of frequency- and amplitude discrimination and also of speech comprehension with different algorithms, are carried out with the aid of a minicomputersystem. The relative improvement of lipreading through electrical stimulation is measured by utilizing natural speech.

The hearing thresholds remained unchanged for all 3 patients from the first to the last evaluation-session. The smallest differences in frequency and amplitude perceived by the patients are comparable with those of persons with normal hearing. Periodic signals are recognized up to 250 Hz. The dynamic range is 8-10 dB. The recognition-rate of two digit numbers reaches 60 % (U.T.) by electrical stimulation alone. The recognition-rate of R.G. rose with increasing evaluation time. In "speech tracking" the relative improvement with electrical stimulation against lipreading alone reaches 125 % (U.T.). Male and female voices can be distinguished with the prosthesis alone, likewise the vowels A and I.

The new prosthesis alone does not provide speech comprehension, but in combination with lipreading it enables the patients to follow conversations in a much more relaxed fashion and with much improved comprehension. The contact to the acoustical environment increases their self-confidence. They are not inclined to renounce the prosthesis on any account.