

Vergleich von evozierten Summenaktionspotentialen und Hirnstammantworten bei Patienten mit Cochlea Implantaten

M. Hey^{1,2}, K. Plotz³, W. Vorwerk¹, K. Begall¹

1) - HNO, AMEOS Klinikum St. Salvator GmbH, Halberstadt, 2) - Cochlear Implant Rehabilitationszentrum Halberstadt, CECILIENSTIFT, 3) - Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie, Evangelisches Krankenhaus Oldenburg

Einleitung

In der intra- und postoperativen Diagnostik bei Cochlea Implantat (CI) Patienten werden folgende objektive Methoden begleitend eingesetzt:

- elektrisch evozierter Stapediusreflex,
- elektrisch evozierte Summenaktionspotentiale (ECAP),
- elektrisch evozierte auditorische Hirnstammpotentiale (EABR),
- elektrisch evozierte späte Potentiale.

Im vorliegenden Beitrag wird auf Aspekte von Registrierung, Messparadigmen und Auswertung von ECAP und EABR eingegangen.

ECAP

Die elektrisch evozierten Summenaktionspotentiale (ECAP) werden als eine synchronisierte Antwort auf elektrische Stimulation durch das CI vom peripheren auditorischen Nerven gemessen. Die Stimulation erfolgt über eine intracochleäre Elektrode des Implantates. Die Antwort wird dagegen über eine andere intracochleäre Elektrode gemessen. Die Wellenform besteht typischerweise aus einem initialen negativen Peak N1, gefolgt von einem positiven Peak P1 (Abb. 1) (Dillier et al., 2002). Diese Peaks haben folgende Latenzen N1: 0.2 - 0.5 ms und P1: 0.5 - 1.0 ms.

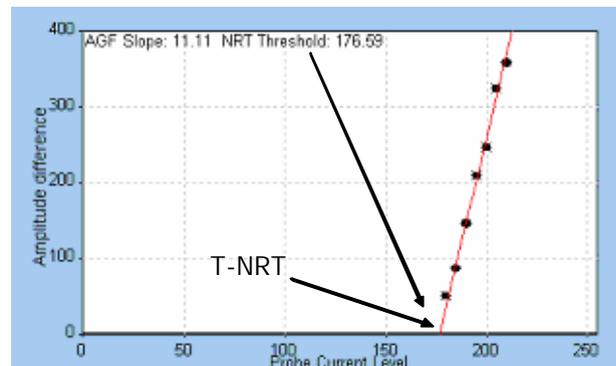
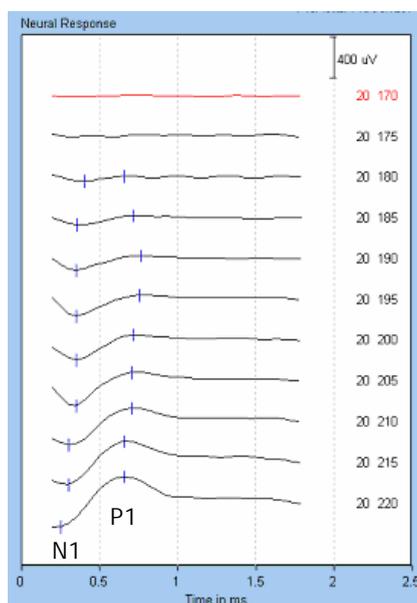


Abbildung 1: Intensitätsabhängigkeit der ECAP (links) und Wachstumsfunktion mit extrapoliertem T-NRT Schwellenwert (rechts)

Die ECAP sind bei ca. 80-85% aller Patienten nachweisbar (Dillier et al., 2002), wohingegen die EABR bei nahezu allen Patienten (Hey, 2002) nachweisbar sind. Die Nachweisschwelle der ECAP zeigt eine Korrelation von rund 0,55 mit den subjektiv ermittelten Wahrnehmungsschwellen und eine Korrelation von rund 0,57 mit dem subjektiven Komfortlevel (Brown et al., 2000). Der Nachweis der ECAP gelingt im Bereich der MCL-Schwelle (Dillier et al., 2002). Auf der Basis der Nachweisschwelle der ECAP haben sich Verfahren zur Mapgenerierung im klinischen Alltag etabliert:

- T/C Offset Methode (Brown et al., 2000),
- Shift und Tilt Methode (Smoorenburg et al., 2002),
- Progressive Preset MAPs Methode (Novy & Cheshire, 2002).

Auf der Basis des Profils der ECAP Schwellen der einzelnen Elektroden werden der relative Verlauf der Profile für THL und MCL berechnet. Die absoluten Werte für die subjektive Wahrnehmungsschwelle und Schwelle angenehmer Lautheit werden auf der Basis von psychophysischen Daten oder durch Vorabschätzungen gewonnen.

Kommerzielle Lösungen für den klinischen Einsatz sind in den CI-Systemen realisiert: NRT - neural response telemetry (Cochlear), NRI - neural response imaging (Advanced Bionics) und ART - auditory nerve response telemetry (MedEl).

EABR

Die EABR stellen die Antwort von neuronalen Strukturen des Hörnerven und Teilen des Hirnstammes auf die elektrische Stimulation durch das Cochlea Implantat dar. Die Aufzeichnung der Bioaktivität erfolgt

im Fernfeld mittels Oberflächenelektroden an der Kopfhaut. Während der Messung ist eine entspannte Haltung des Patienten für eine störungsarme Ableitung notwendig. Die Messung kann sich bei kleinen Kindern und unkooperativen Patienten schwierig gestalten. Die EABR sind gegenüber den akustisch evozierten auditorischen Hirnstammpotentialen dadurch gekennzeichnet, dass nur die Wellen II, III, V präsent sind, die Amplituden deutlich größer sind, die Absolutlatenzen um ca. 2 ms verkürzt und die Interpeaklatenzen unverändert sind (Abb. 2).

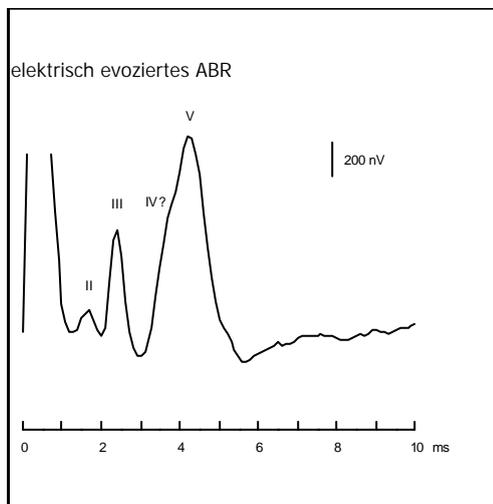
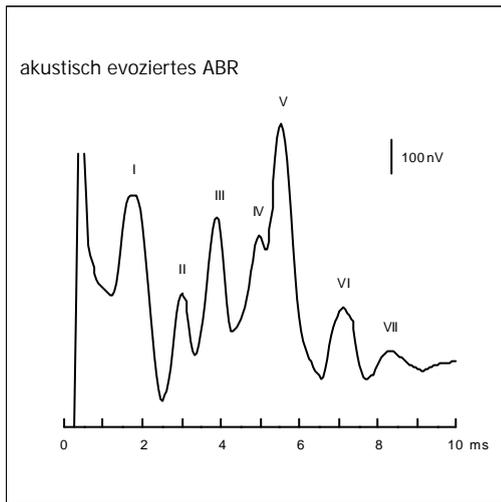


Abb. 2: Auditorisch evozierte Hirnstammpotentialie

Die EABR zeigen eine ähnliche Korrelation mit den subjektiven Schwellen wie die ECAP, sind jedoch näher an der Wahrnehmungsschwelle nachweisbar und weisen nicht das Problem der oftmals lauten Stimulation auf. Eine Korrelation von Latenz und Amplitudenwachstumsfunktion der Welle V mit dem Sprachverständnis ist nicht nachweisbar (Kubo et al., 2001). Die EABR werden aufgrund ihres größeren zeitlichen und technischen Aufwandes heutzutage seltener eingesetzt.

Recoveryfunktion

Zeitliche Aspekte der Stimulation des auditorischen Systems sind von Interesse beim Verständnis der Umwandlung der elektrischen Stimulation in Erregungsmuster des Hörnerven. Zum diagnostischen Repertoire gehören mittlerweile nicht nur die Wachstumsfunktion, sondern auch die Recoveryfunktion. Elektrisch stimulierte Neuronen zeigen ein Refraktärverhalten. Dies bedeutet, dass nach Auslösung eines Aktionspotentials eine Phase reduzierter Anregbarkeit folgt. Während dieser Zeit kommt es zu einer deutlichen Anhebung des Schwellwertes für die Auslösung eines Aktionspotentials.

Ein Paar von Stimulationspulsen mit variablem zeitlichen Abstand wird zur Anregung des auditorischen Systems eingesetzt. Die Antwort auf den zweiten Puls wird vom ersten maskiert. Nach Auslösung eines Aktionspotentials folgt eine Phase reduzierter Anregbarkeit (Refraktärphase). Während dieser Zeit kommt es zu einer deutlichen Anhebung des Schwellwertes für die Auslösung eines Aktionspotentials.

Eine zeitliche Trennung der Reaktion auf Stimulationspulse kann mittels ECAP und EABR gemessen werden. Bei den ECAP werden im wesentlichen überschwellige Messungen durchgeführt. Die Möglichkeit des Nachweises der EABR in Schwellennähe wurde zur Untersuchung der Intensitätsabhängigkeit des Refraktärverhaltens genutzt. Bei geringen Reizintensitäten zeigen sich qualitativ die gleichen Abhängigkeiten der Amplitude der Welle V vom Pulsabstand, wobei sich jedoch ein Summationseffekt für geringe Pulsabstände zeigt und sich die Refraktärzeit verlängert.

Die Reaktion der E-ABR als Reaktion auf zwei Stimulationspulse kann in Abhängigkeit vom Interpulsabstand in eine summierende (Interpulsabstand $\leq 100\mu s$) und eine refraktäre (Interpulsabstand $> 100\mu s$) Phase eingeteilt werden. Die Summationsphase weist eine Intensitätsabhängigkeit (Abb. 3) auf, wobei die Summation in Schwellennähe zunimmt und überschwellig weitgehend verschwindet (Hey, 2002).

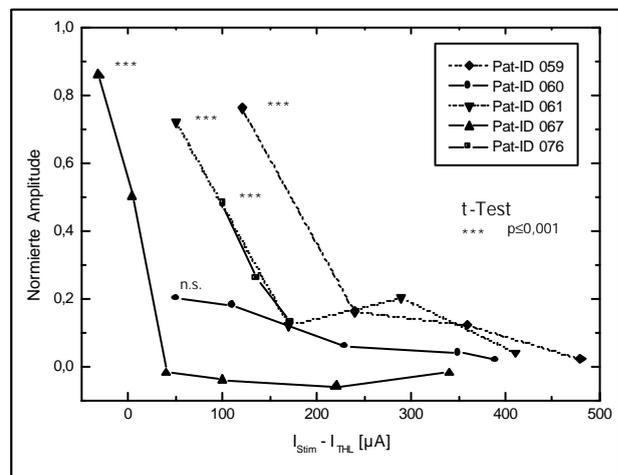


Abb. 3: Intensitätsabhängige Summation der EABR bei Doppelpulsstimulation gemessen bei einem Interpulsabstand von 2µs (5 CI-Träger mit MedEl C40+, monopolar; Normierte Amplitude = Amplitude W V der Doppelpulsstimulation / Amplitude W V der Einzelpulsstimulation)

Zusammenfassung

Elektrophysiologische Verfahren haben sich als klinische Verfahren zur Messung der Implantatfunktion und des peripheren auditorischen Systems etabliert. Elektrophysiologische Verfahren stellen im Rahmen der intra- und postoperativen Diagnostik ein wertvolles Tool für den Chirurgen und den Audiologen zur Einschätzung des Implantatzustandes und des Hörsystems dar. Elektrophysiologische Verfahren können nützlich bei der Wahl von Fittingparametern sein, insbesondere bei kleinen Kindern und Patienten mit geringer Compliance.

Die ECAP können in kurzer Zeit mit geringem Aufwand in der überwiegenden Zahl von Patienten nachgewiesen werden. Es besteht jedoch in den meisten Fällen die Notwendigkeit der technischen Kalibrierung vor der Durchführung des eigentlichen Messprozesses. Außerdem gilt der Messung bei Kindern besondere Aufmerksamkeit. Der Nachweis der ECAP liegt oftmals erst nahe oder oberhalb der subjektiven Unbehaglichkeitsschwelle, wodurch es mitunter zu laut werden kann. Unter Beachtung dieser Tatsachen hat sich dieses Verfahren jedoch als gut geeignet für die klinische Routine herausgestellt und erfreut sich zunehmender Anwendung.

Die EABR benötigen hingegen größeren materiellen und zeitlichen Aufwand und basieren auf guter Kooperation des Patienten. Sie liefern aber auch zuverlässigere Ergebnisse, insbesondere an der Wahrnehmungsschwelle. Positive methodische Aspekte sind zum einen die wegfallende Notwendigkeit der Kalibrierung des Messplatzes, zum anderen die fehlende

Artefaktproblematik im Bereich der Welle V. Resümierend stellen die EABR ein interessantes Tool für die Grundlagenforschung dar, sind hingegen aber in der klinischen Routine weniger anzutreffen.

Literatur

- Brown CJ, Hughes ML, Luk B, Abbas PJ, Wolaver A, Gervais J. The relationship between EAP and EABR thresholds and levels used to program the Nucleus 24 speech processor: data from adults. *Ear Hear.* 2000; 21(2):151-63.
- Dillier N, Lai WK, Almqvist B, Frohne C, Müller-Deile J, Stecker M, von Wallenberg E. Measurement of the electrically evoked compound action potential via a neural response telemetry system. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002 May;111(5 Pt 1):407-14
- Hey. Kanaltrennung bei hochratiger sequentieller pulsatiler Elektrostimulation der Cochlea. 2002, Dissertation Universität Oldenburg
- Kubo T, Yamamoto K, Iwaki T, Matsukawa M, Doi K, Tamura M. Significance of auditory evoked responses (EABR and P300) in cochlear implant subjects. *Acta Otolaryngol* 2001 Jan;121(2):257-61
- Novy, S. & Cheshire, I. Using Intra-operative NRT (Neural Response Telemetry) to set initial MAP parameters with the Nucleus® 24 and Nucleus® 24k Cochlear implant systems. Nucleus Report May/June 2002, N94823F, Cochlear Limited.
- Smooenburg GF, Willeboer C, van Dijk JE. Speech perception in Nucleus CI24M cochlear implant users with processor settings based on electrically evoked compound action potential thresholds. *Audiol Neurootol.* 2002;7:335-47.