Dtsch Zahnärztl Z 40, 312–314 (1985)

Schmerzkorrelierte Hirnrindenpotentiale des Menschen nach elektrischer Stimulation der Zahnpulpa

W. H.-M. Raab, Erlangen*

Eine neu entwickelte Methode zur selektiven elektrischen Pulpareizung wird vorgestellt. Aus dem gleichzeitig abgeleiteten EEG läßt sich ein Zahnpulpa-evoziertes Potential darstellen.
Das Verfahren wird auf seine Spezifität überprüft und der Zusammenhang zwischen evoziertem Potential und Reizstärke aufgezeigt.

Einleitung

Die natürliche Funktion des Schmerzes ist es, den Organismus vor möglichen Gewebeschädigungen zu warnen. Dies bedingt im Gegensatz zu allen anderen Wahrnehmungen eine ausgeprägte psychische Mitbeteiligung. Die sogenannte subjektive Schmerzmessung, die auf verbale Äußerungen des Patienten angewiesen ist, zeigt demzufolge starke Fehlermöglichkeiten. Demgegenüber bedürfen sogenannte objektive Meßverfahren nicht der direkten Mitarbeit des Patienten. Da sie jedoch auf spezielle, experimentelle Bedingungen angewiesen sind, kann mit ihnen nur ein Teilbereich des gesamten Phänomens Schmerz erfaßt werden.
Eines dieser Verfahren stützt sich auf die Tatsache, daß jeder Reiz, der wahrgenommen wird, zu einem Signal in den Gehirnströmen, dem EEG, führt. indem man einen Reiz wiederholt anbietet und reizsynchrone EEG-Abschnitte mittelt, kann mit Hilfe computergestützter Verfahren eine Antwort, das evozierte Potential (EP), aus dem EEG-Rauschen herausgelöst werden. Für eine weitergehende Erläuterung dieser Thematik sei auf *E. Callaway* und *M. Stöhr* verwiesen.
Da an der menschlichen Zahnpulpa ausschließlich die Empfindung Schmerz hervorgerufen werden kann, liegt es nahe, für die Schmerzmessung Pulpareize zu verwenden, wie dies bereits von mehreren Autoren (*Spreng* und *Itchioka, Chatrian, Chapman, Rohdewald*) beschrieben wurde.

* Zahn-, Mund- und Kieferklinik, Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen–Nürnberg (Glückstr. 11, 8520 Erlangen).

Zielsetzung für die von uns entwickelte Reizmethode *(Reeh, Raab)* war eine nicht invasive Technik, bei der eine Miterregung gingivaler und parodontaler Rezeptoren ausgeschlossen werden konnte. Gleichzeitig sollte das elektrische Artefakt keine relevanten EEG-Abschnitte beeinflussen.
Wenn das Zahnpulpa-evozierte Potential in einem Zusammenhang mit der Sinnesqualität Schmerz steht, müßte sich eine Beziehung zwischen gegebener Reizstärke, subjektiver Einschätzung der Reizintensität und Komponenten des Potentials nachweisen lassen.

Methodik

Die entwickelte Elektrode besteht aus einer geschlossenzelligen Moosgummikappe von 5 mm Innendurchmesser, die nachdem zuvor ein Cofferdam als zusätzlicher Feuchtigkeitsschutz gelegt wurde, mittels Cyanoacrylat an einem Oberkieferschneidezahn aufgeklebt wird. Die Referenzelektrode ist ein Schwammläppchen, das im Vestibulum liegt (Abb. 1).
Als Stimulus dient ein stromkonstanter Rechteckreiz von 2 ms Dauer, der mit einer Isolationseinheit (Tektronix 2620 Stimulus Isolator) eingestellt wird. Diese gewährt auch die galvanische Trennung von Proband und Versuchsaufbau.
Das EEG wird pseudounipolar mit Silber-Silberchlorid-Elektroden von Vertex (Cz) und Mastoid (A) abgeleitet und mit einem Isolationsverstärker (Analog Devices 286 J) vorverstärkt. Die Nachverstärkung erfolgt DC-offset bei einer oberen Frequenzbegrenzung von 300 Hz (Tektronix Am 502).

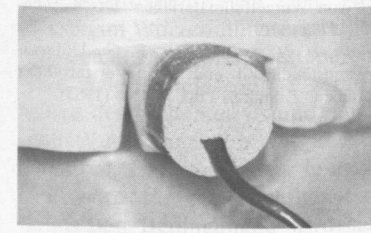

Abb. 1. Reizelektrode aus Moosgummi, als Kontaktmaterial dient in die Elektrode injiziertes Elektrodengelee

Die EEG-Auswertung erfolgt off-line an einem Laborrechner, Typ PDP 11/40 (DEClab System von Digital Equipment Corporation). Für die Datenverarbeitung benützten wir das Programmpaket off-lab, das von *Kobal* entwickelt wurde.
Für die Untersuchung der Intensitätsabhängigkeit des evozierten Potentials von der gegebenen Reizstärke standen zehn Probanden (7 männlich, 3 weiblich) im Alter zwischen 22 und 31 Jahren zur Verfügung. Sie erhielten Zahnpulpareize in fünf Intensitätsstufen mit je 2 dB, von 0–8 dB, bezogen auf die subjektive Schmerzschwelle. Die Reizstärken wurden randomisiert angeboten, die Reizabstände waren größer als zehn Sekunden.

Ergebnisse und Diskussion

Mumford wies darauf hin, daß bei elektrischer Pulpareizung prinzipiell die Möglichkeit einer Miterregung parodontaler Rezeptoren im Bereich des Apex gegeben ist. Um dies auszuschließen, wurde die Reizstromkurve eines vitalen Zahnes mit der eines pulpektomierten verglichen, dessen Wurzelkanal mit 0,5% Ringeragar abgefüllt war. Die Ergebnisse von zwei Probanden zeigen, daß bei einer Reizzeit von 2 ms die Schwellenwerte der subjektiven Empfindung für das Parodontium (176 µA; 214 µA) etwa 6mal höher liegen, als die der Pulpa (20 µA; 34 µA). Die von uns verwendete maximale Intensität (8 dB) entspricht dem 2,5fachen des Schwellenwertes. Daher kann eine Mitbeteiligung des Parodontiums ausgeschlossen werden.
Aufgrund eines hohen Elektrodenübergangswiderstandes von 0,65 MΩ bis 1,2 MΩ wird die Möglichkeit eines Kriechstromes, der eine Erregung der Gingiva zur Folge hätte, ausgeschlossen. Zusätzlich zeigten Versuche an wurzelgefüllten Zähnen, daß auch bei Stromstärken von 300 µA an der Referenzelektrode keine reizwirksamen Stromdichten auftreten.
Das mit dieser Methode gewonnene evozierte Potential zeigt drei charakteristische Hauptkomponenten P_1, die zwischen 78 msec und 116 msec nach dem Reiz auftreten, sowie N_1 (148–184 msec) und P_2 (282–376 msec), wobei die Zeitangaben die interindividuelle Schwankungsbreite der Potentialkomponenten beschreiben (Abb. 2).
Stellt man die Potentiale in Abhängigkeit zur Intensität dar, so wird eine Zunahme der Amplitude N_1P_2 bei größerer Reizstärke deutlich

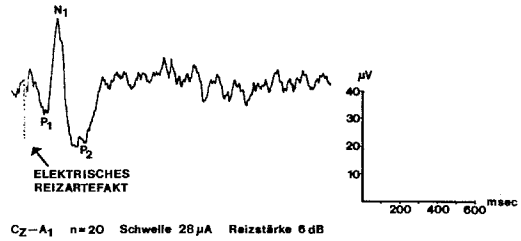

Abb. 2. Zahnpulpa-evoziertes Potential, das durch 20 Mittelungsschritte erhalten wurde. Negative Potentialkomponenten werden nach oben, positive nach unten aufgetragen

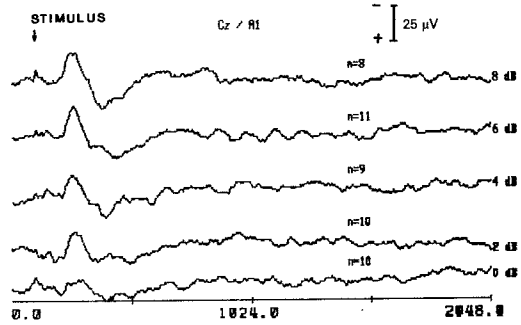

Abb. 3. 5 EP eines Probanden innerhalb einer Versuchssitzung. Deutlich ist die Vergrößerung des N_1P_2-Komplexes mit zunehmender Reizstärke erkennbar

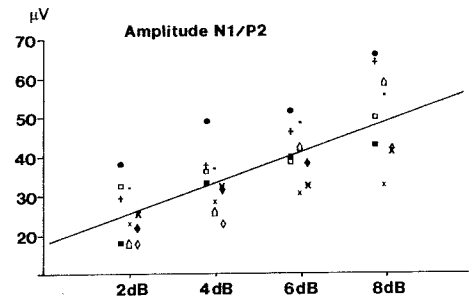

Abb. 4. Zusammenhang zwischen jeweiliger Amplitudengröße und Reizstärke, gemessen an zehn Probanden. Die Amplitudengröße ist in µV angegeben. Der besseren Darstellung wegen sind die Säulen gespreizt

(Abb. 3). Für die Fragestellung, ob ein Zusammenhang zwischen Potentialgröße und Reizstärke besteht, werteten wir die Ergebnisse der Untersuchungen an 10 Probanden aus. Eine Berechnung der Potentialgröße zur Intensität

OdB erfolgte nicht, da die Einzelkomponenten nicht mit hinreichender Sicherheit dargestellt werden konnten. Wie aus Abb. 4 zu ersehen ist, zeigt sich eine eindeutige Zuordnung zwischen Zunahme der Reizstärke und der Amplitudengröße. Bei doppellogarithmischer Darstellung ergibt sich für die Regressionsgerade eine Steigerung von 1,06, bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1%.

Dieser Wert stimmt mit den Ergebnissen von psychophysiologischen Untersuchungen *(Lichtenberger)* überein.

Die N_1P_2-Komponente des Zahnpulpa-evozierten Potentials kann somit unter experimentellen Bedingungen als Maß für die subjektive Empfindungsgröße betrachtet werden.

Summary

A recently developed method of selective electrical stimulation of the pulp was introduced. A dental pulp-evoked potential was demonstrated on a concurrently derived EEG. The specificity of the procedure was tested and the relation between evoked potential and stimulus strength established.

Schrifttum

1. *Callaway, E.:* Event-related Brain Potentials in Man. Academic Press New York 1978.
2. *Chapman, C. R., Colpitts, Y. M., Benedetti, C.* and *Butler, S. H.:* Event-related Potential Correlates of Analgesia: Comparison of Fentanyl, Acupuncture and Nitrous Oxide. Pain 14, 327–337 (1982).
3. *Chatrian, G. E., Canfield, R. C., Lettich, E., Black, R. G.,* and *Knauss, Th. A.:* Cerebral Responses to Electrical Tooth Pulp Stimulation in Man. Neurology *25*, 745–757 (1975).
4. *Kobal, G.:* Elektrophysiologische Untersuchungen am Geruchssinn des Menschen. Thieme Verlag, Stuttgart 1981.
5. *Lichtenberger, E.:* Untersuchungen zur subjektiven Intensitätsfunktion der Schmerzmodalität bei elektrischer Zahnreizung. Med Diss, Erlangen 1971.
6. *Mumford, J. M.:* Path of Direct Current in Electric Pulp-Testing. Br Dent J *67*, 243–245 (1959).
7. *Raab, W. H.-M.:* Gemittelte Hirnrindenpotentiale des Menschen nach elektrischer Reizung der Zahnpulpa und des Parodontiums: Methodik und Intensitätsabhängigkeit. Med Diss, Erlangen 1983.
8. *Reeh, P.:* Gemittelte Hirnrindenpotentiale und Kaumuskelreflexe nach Reizung der menschlichen Zahnpulpa. Med Diss, Erlangen 1981.
9. *Rohdewald, P.,* and *Derendorf, H.:* Changes in Cortical Evoked Potentials as Correlates of the Efficacy of Weak Analgesics. Pain *12*, 329 (1982).
10. *Spreng, M.,* and *Ichioka, M.:* Langsame Rindenpotentiale bei Schmerzreizung am Menschen. Pflügers Arch *279*, 121–132 (1964).
11. *Stöhr, M.:* Evozierte Potentiale. Springer-Verlag, Berlin 1981.

Anschrift des Verfassers: Dr. W. Raab, Glückstraße 11, D-8520 Erlangen.