

Aus der Universitäts-Augenklinik
und dem Institut für experimentelle Ophthalmologie Bonn
(Direktor: Prof. Dr. H. K. MÜLLER)

Die Latenzzeit (retino-occipital) beim Menschen bei Reizung mit energiegleichem verschiedenfarbigem Licht*

Von
H. LAUE

Mit 7 Textabbildungen

Unter Latenz- oder Überleitungszeit versteht man die Zeit, die für die Fortleitung der Erregung vom Auge über die einzelnen Schaltneurone der Sehbahn bis zum Sehzentrum verstreicht. Dabei dient als Kriterium einerseits das Elektroretinogramm, andererseits das Elektroencephalogramm. Solche Messungen waren bisher beim Menschen nur in einzelnen Fällen durchführbar. Eine verbesserte Technik hat aber nunmehr den Weg vom elektrophysiologischen Experiment zur klinischen Anwendung eröffnet.

Methode

Eine eigene Photostimulations-Einrichtung (LAUE 1958) hat die Untersuchungen mit energieglichen weißen und farbigen Lichtreizen ermöglicht (Abb. 1). Als Lichtquelle dient dabei eine Xenon-Hochdrucklampe hoher Leuchtdichte und Bogenkonstanz, deren Tageslicht-ähnliches Spektrum auch bei Änderung der Lichtleistung gleichbleibt. Die verschiedenen Spektralbereiche werden mittels Interferenz-Linienfilter erzeugt, die Angleichung der Lichtenergie wird durch Neutralgraufilter erreicht. Ein Teil des Lichtstrahles dient der Registrierung, der Impuls einer Hochvakuum-Photozelle wird von einem zweistufigen Vorverstärker mit nachfolgender Gegentaktausgangsstufe aufgenommen.

Sämtliche Registrierungen sind bei einem Papierablauf von 100—200 mm/sec auf einem RC-gekoppelten Verstärker (EEG — Schwarzer, Alfeld a. d. Leine) erfolgt, Eingangswiderstand 2—5 M Ω , versuchsweise auch 15 M Ω .

Ein elektronischer Impulsgenerator, bestehend aus Stimmgabel-stabilisiertem Sinusgenerator und asymmetrischen Multivibrator-Untersetzerstufen, reproduziert die Zeitvergleichsmarke der Frequenz 5—10 msec mit einer Genauigkeit von 10^{-4} . Zur Bereitstellung der notwendigen Steuerleistung für das Drehmagnet-Schreibwerk dient eine zusätzlich in den Elektroencephalographen eingebaute symmetrische Gegentaktendstufe, an deren Eingänge der Photozellenverstärker und der Zeitmarkengenerator angeschlossen sind.

Der Zentralverschluß der Stimulations-Einrichtung erlaubt Zeiteinstellungen von 1—0,005 sec, letzterer ist der Vorzug gegeben worden.

Den optischen Reizen ist ein Lichtstrom von 2 bis $1,7 \cdot 10^{-2}$ W zugrunde gelegt worden. Durch Änderung der Stromstärke der Xenon-Hochdrucklampe, des Graukeulstandes und der Neutralgraufilter kann unter Kontrolle eines Strahlungs-

* Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt.

Thermoelementes die Lichtintensität so geändert werden, daß bei der Untersuchung verschiedener Spektralbereiche die gleiche Energie der Lichtreize gewährt ist. Neben weißem Licht sind energiegleiche Spektralbereiche λ_{\max} 479 $m\mu$ blau,

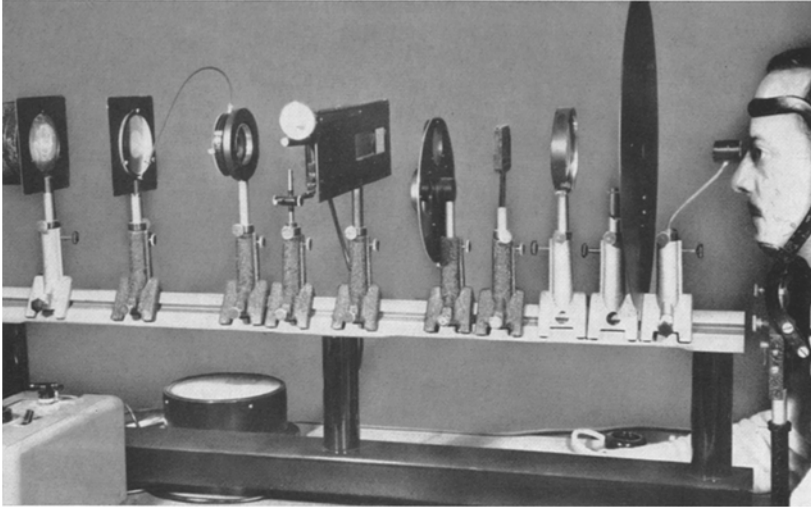


Abb. 1. Photostimulations-Einrichtung

538 $m\mu$ grün, 585 $m\mu$ gelb, 641 $m\mu$ rot benutzt worden (vgl. LAUE 1960). Das gesammelte Licht des annähernd parallelen Lichtbündels gelangt in ein periskopisches Ocular ($25\times$). In dieses schaut die Versuchsperson monocular, wobei der Eindruck einer fast homogenen vollständigen Ausleuchtung entsteht (Maxwell-view). Das andere Auge ist lichtdicht abgedeckt. Eine Kinnstütze und Stirnhalterung sorgen für gleichbleibenden Abstand zum Ocular und bestmögliche Entspannung der sitzenden Versuchsperson. Eine Blende unmittelbar

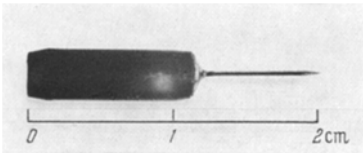


Abb. 2

Abb. 2. Nadelelektrode, Länge 8 mm

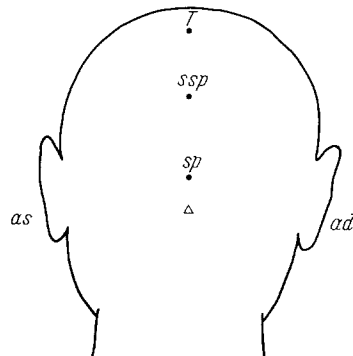


Abb. 3

Abb. 3. Lage der occipitalen Elektroden: *sp* 2 cm oberhalb protub. occipit.; *ssp* 7 cm oberhalb protub. occipit.; *T* Erde; *ad* rechtes Ohr; *as* linkes Ohr

vor dem Ocular, vermeidet, daß indirektes Licht das Auge treffen kann. Zwischen jede Belichtung ist ein Intervall etwa 5-minütiger Dunkeladaptation eingelegt worden. Alle Untersuchungen wurden im dunklen Raum vorgenommen.

Das positive Potential des Elektoretinogramms wurde mit Hilfe einer entsprechend großen Corneo-Skleralschale mit Lidsperre nach HENKES, Firma Müller, Wiesbaden, aufgenommen. Das negative Potential wurde mittels einer Nadelelektrode in der Haut unterhalb des schläfenseitigen Lidwinkels abgeleitet (Abb. 2).

Das Elektroencephalogramm wurde meistens mit Nadelelektroden registriert. Klebelektroden führten zu den gleichen Ergebnissen. Erstere haben den Vorteil, daß sie rasch umgesetzt werden können, falls durch eine Gefäßnähe Artefakte auftreten. Das elektrische Projektionsfeld des Sulcus calcarinus und des Cuneus läßt sich optimal in der Mittellinie 2 und 7 cm oberhalb des Inions ableiten (Abb. 3). Um eine möglichst hohe Amplitude der Aktionspotentiale zu erzielen, ist der Ableitung zum Ohr der Vorzug gegeben worden. Dabei ist zu den beiden Punkten der Mittellinie jeweils das rechte und das linke Ohr in Beziehung gesetzt.

Ergebnisse

Insgesamt sind 76 Versuchspersonen mit normalem Farbsehen im Alter von 16—69 Jahren untersucht worden¹. Davon zeigten 48 Versuchspersonen spezifische Aktionspotentiale (vgl. Ref. LAUE 1958). Bei 785 Stimulationen fanden sich im Elektroencephalogramm 446 deutliche Antworten.

Weder das Alter der Versuchspersonen, noch das Sehvermögen, das 1,0—0,05 betrug, steht in Beziehung zu einer mehr oder weniger deutlichen oder fehlenden elektrophysiologischen Antwort auf den Lichtreiz hin. Selbst Amblyopien mit einem Sehvermögen von 0,05 lassen hohe occipitale Aktionspotentiale nach Lichtreizung zu. Das charakteristische Bild einer elektrophysiologischen Antwort auf einen definierten Lichtreiz hin, gibt die Abb. 4 wieder: Das Elektoretinogramm ist aus der oberen Registrierung ersichtlich. Im occipitalen Elektroencephalogramm ist auffällig die hohe biphasische Welle, die eine spezifische elektrophysiologische Antwort auf den Lichtreiz hin darstellt. Sie zeigt sich bipolar über dem Inion und mit höherer Amplitude monopolar, sowohl bei einer Zeitkonstante 0,3, Grenzfrequenz 200, als auch bei der Zeitkonstante 0,1 oder 1,0 entsprechender Grenzfrequenz. Diese biphasische spitze Welle ließ sich weder bei einer Ableitung oberhalb des Vertex, noch frontal, temporal oder am Nacken beobachten. Unter Umständen kam eine Lidschlußreaktion zur Darstellung, immer aber erst 100 msec nach Beginn des Lichtreizes und nach Einsetzen der spezifischen occipitalen Aktionspotentiale. Muskelpotentiale oder Elektrodenartefakte ließen sich wegen ihrer charakteristischen Form sicher ausschließen. Auch kann es sich nicht um eine „spontane“ Photo-Myoklonus-Respons (PMR) im Sinne von GANGLBERGER (1959) handeln. Sie zeigt sich in Artefakten myogener Polyspikes, die nur bei geschlossenen Lidern, besonders infolge von 8—12 Lichtblitzen/sec, auslösbar sind. Wenngleich große Differenz hinsichtlich der Latenz des Auftretens besteht,

¹ Dank gebührt Fräulein HETTY RICHTER, medizinisch-technische Assistentin, für ihre sorgfältige Mitarbeit.

so ist doch die Form derselben so unterschiedlich und eindeutig, daß eine Verwechslung schwerfällt. Im übrigen war selbst bei entsprechenden Lichtreiz-Serien bei allen von mir untersuchten Personen keine Myoklonie oder auch nur vegetative Reaktion festzustellen oder subjektiv empfunden. Die mechanische Auslösung des Zentralverschlusses der Photostimulations-Einrichtung kann nicht als Fehlerquelle in Betracht kommen. Wäre die occipitale Antwort nur eine fortgeleitete große b-Welle des Elektretinogramms, dann enthielten die occipital abgeleiteten Aktionspotentiale eine Zeitkonstante, die zur Erniedrigung

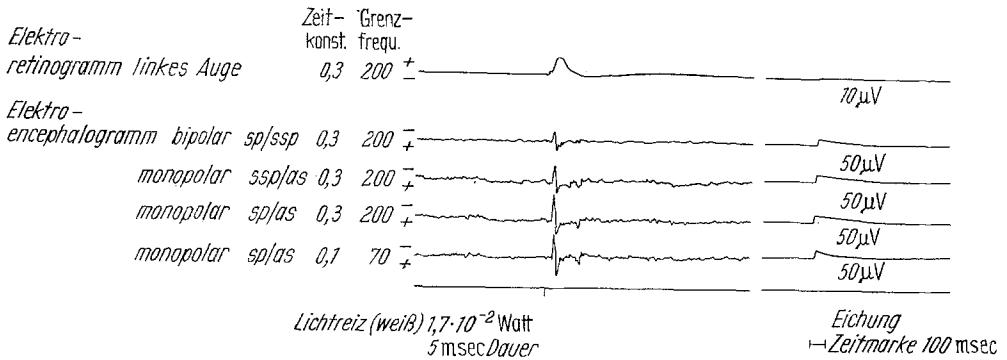


Abb. 4. ERG und occipitales EEG bei Reizung mit weißem Licht

und nicht zur Erhöhung der Amplitude führen würde. Gerade die spitze biphasische Welle sehr hoher Amplitude ist aber die Regel. Es liegt sicher nicht an Stellungsänderungen des Bulbus, die zum fehlenden oder deutlichen Auftreten der occipitalen Potentiale führen, denn selbst höhere Amblyopien ohne feste Fixation haben regelmäßige Antworten gezeigt. Es scheint eine Abhängigkeit vom Belastungswiderstand zu bestehen. Bei hohem Hautwiderstand zeigte sich am besten die Potentialform der spitzen Welle, daneben allerdings nur ein Niederspannungs-EEG. Die größte Annäherung an Amplitude und Original-Kurvenform der Meßspannung erreicht man, wenn der Verbraucherstrom der Registriereinrichtung möglichst gering ist.

Die zeitliche Auswertung erfolgte vom Beginn des registrierten Lichtreizes an. Zur Beurteilung der Latenzzeit (retino-occipital) diente der Beginn des b-Potentials im Elektretinogramm und die erste deutliche Deflexion der spezifischen Aktionspotentiale des Gehirns. Die Form der Aktionspotentiale ließ sich durch Amplituden- und Frequenzmessung vergleichen. Der Ablesefehler betrug höchstens $\pm 2,5$ msec. Die Auswertung erfolgte am einzelnen Kurvenbild. Die Streuung wurde logarithmisch bestimmt. Im einzelnen ergab sich für den Beginn der b-Welle im Elektretinogramm eine konstante Latenzzeit von 24 msec (retinale Zeit). Seitens der occipitalen Antwort im Elektroencephalogramm ist

die biphasische Welle anfangs negativer Deflexion charakteristisch. Um die Art dieser Aktionspotentiale herauszuheben, ist in Analogie zum Initialkomplex beim Tier (vgl. LAUE 1958) zum Unterschied gegenüber nachfolgenden veränderlichen Wellenformen die biphasische Welle als Initialphase bezeichnet (Abb. 5). Sie kann wegen ihres regelmäßig gleichförmigen Auftretens als spezifische Antwort auf den Lichtreiz hin gelten. Diese Initialphase beginnt zumeist mit einer negativen Deflexion, I_1 , im Mittel 64 msec nach Beginn des Lichtreizes bei einer maximalen Streuung von ± 13 msec. Fast 40% der Fälle zeigen noch vorher eine positive Auslenkung, I_0 , einer Amplitude von 20–30 μV . I_0 setzt im Mittel 54 msec nach Lichtreizbeginn ein mit einer Streuung von ± 5 msec, spielt aber im Unterschied zum Tier (LAUE 1958) wegen seines nicht ständigen Auftretens als klinisches Kriterium keine Rolle. Auffallend hoch ist der negative Kulminationspunkt, I_2 , einer Amplitude bis zu 200 μV , der einen Mittelwert von 78 msec und eine Streuung

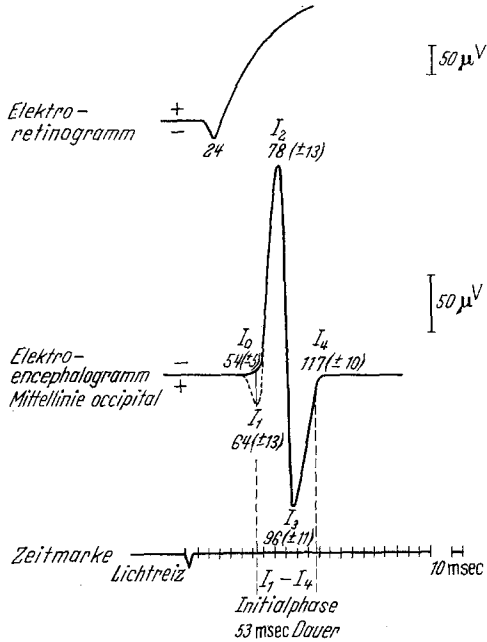


Abb. 5. Schematische Darstellung des Beginns der b-Welle des ERG und der Initialphase der occipitalen Aktionspotentiale mit Angabe von Mittelwert und Streuung

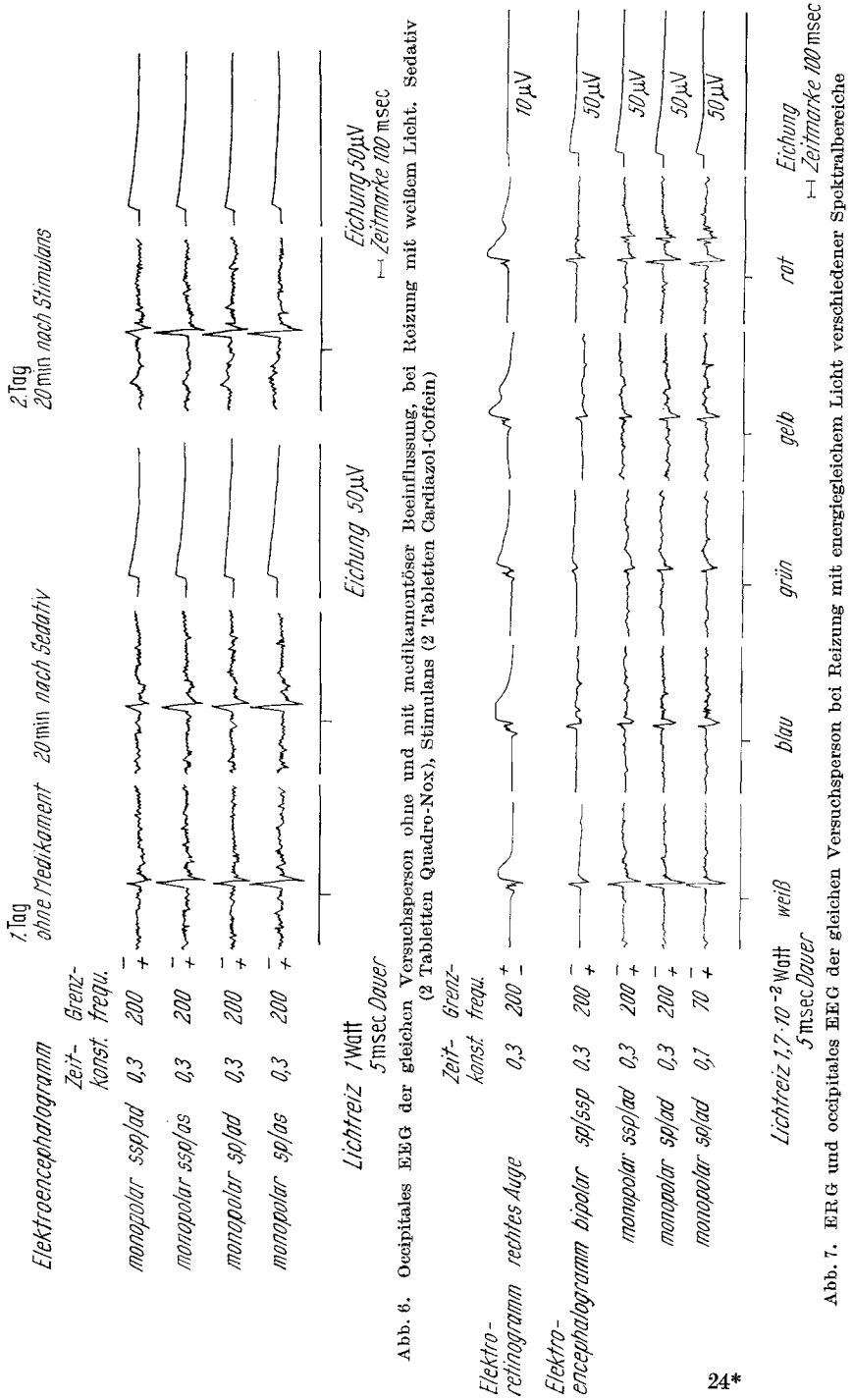
von ± 13 msec aufweist. Ihm folgt die spitze positive Auslenkung I_3 mit einer Latenzzeit von 96 msec bei einer Streuung ± 11 msec, wobei die Amplitude bis zu 150 μV beträgt, bezogen auf die isoelektrische Linie. I_4 , im Mittel 117 msec nach Lichtreizbeginn, mit einer maximalen Streuung von ± 10 msec stellt das Ende der Initialphase dar.

Das regelmäßige Auftreten der biphasischen Welle mit den Meßwerten I_1 – I_4 (53 msec) erlaubt die Bezeichnung Initialphase insbesondere, da die folgenden Wellen nicht eindeutig zu bewerten sind und keine spezifischen Aktionspotentiale auf den Lichtreiz hin darzustellen scheinen. Während beim Tier dem Initialkomplex einige sich dem Grundrhythmus annähernde Wellen folgten, kann beim Menschen in einem Zeitraum bis zu 370 msec eine Nachphase beobachtet werden, die vorwiegend negative Spitzen und spitze Wellen aufzeigt. Selbst bei

ausgeprägter Initialphase kann aber diese Nachphase gänzlich fehlen, so daß sie als verwertbares Kriterium keine Anwendung finden kann.

Verschiedene Zeitkonstantenwahl, 1,0—0,3 mit den entsprechenden Grenzfrequenzen, ergaben keine verwertbare Latenzzeit- und Formänderung der Initialphase. Bei gleicher Reizfarbe und -dauer kommen schon natürliche Unterschiede auch bei der gleichen Versuchsperson vor, besonders Variationen der Amplituden, Latenzzeitdifferenzen lagen aber immer innerhalb der gefundenen Streuung. Bei Belichtung eines Auges zeigten die Latenzzeiten beider occipitaler Hemisphären keinen als signifikant nachweisbaren statistischen Unterschied hinsichtlich der Meßpunkte der Initialphase. In einzelnen Fällen war die Latenzzeit der kontralateralen Hemisphäre bis zu 5 msec kürzer.

Es wurde auch geprüft, ob die Gabe eines Stimulans (Cardiazol-Coffein, Euphyllin, Katovit) einen Einfluß auf die Auslösbarkeit der occipitalen Antwort hat. Ebenso wurde die Bedeutung von Sedativa (Quadro-Nox, Miltaun, Luminal) untersucht. Es zeigte sich bei der gleichen Versuchsperson jeweils weder eine Änderung der Initialphase noch der Latenzzeiten (Abb. 6). Bei einzelnen Versuchspersonen ließ sich allerdings unter Umständen mit einem Stimulans oder Sedativ eine spezifische occipitale Antwort auf einen Lichtreiz hin provozieren, die vorher nicht auszulösen war. Es wurde immer beachtet, daß die Reizlichtenergie die gleiche war. Auch nach Hyperventilation wurde manchmal eine Initialphase gefunden, die vorher nicht vorhanden war. Die Reizlichtenergie, die variiert wurde zwischen 2 W bis $1,7 \cdot 10^{-2}$ W dürfte nicht die entscheidende Bedeutung für die Auslösbarkeit der occipitalen Aktionspotentiale haben, auch mit dem Stroboskop wesentlich niedrigerer Luftintensität konnten diese beobachtet werden. Es zeigte sich, daß jeweils bei der gleichen Versuchsperson ein Wechsel des Farbspektrums von λ_{\max} 479—641 m μ bei gleicher Reizlichtenergie die Initialphase nicht beeinflusste, auch weißes Licht gleicher Energie führte zu demselben Ergebnis (Abb. 7). Der statistische Vergleich der Ergebnisse aller geprüften Personen ergab überdies für den jeweiligen Spektralbereich des Reizlichtes auch keinen Unterschied, der außerhalb der Streuung der Meßpunkte lag. Es folgert daraus, daß kurze verschiedenfarbige Lichtreize gleicher Energie eine gleiche Antwort des Sehzentrum hervorrufen. Dies gilt für Personen mit normalem Farbensinn (vgl. Untersuchungen am Kaninchen, LAUE 1960). Bei einer retinalen Zeit von 24 msec (Beginn der b-Welle des ERG) und einer occipitalen Zeit (I_1 der Initialphase des EEG) von 64 msec nach Beginn des Lichtreizes ergibt sich eine retino-occipitale Latenzzeit von 40 msec, die sich allerdings unter Berücksichtigung der Streuung von I_1 bis auf 27 msec verkürzen kann. Würde man I_0 als Bezugswert annehmen, so resultierte $54 - 24 = 30$ msec als Überleitungszeit und unter Einbezug der Minus-



streuung sogar 25 msec für den erwachsenen Menschen. Es kommt aber für klinische Untersuchungen nicht so sehr auf kürzeste gefundene Meßwerte an, als vielmehr auf Bezugspunkte, die am häufigsten auftreten. Das ist für I_1 der Initialphase der occipitalen Aktionspotentiale als Antwort des Sehzentrums auf einen Lichtreiz hin der Fall. Bei Untersuchungen des Farbensinns und der Sehbahn könnten solche Messungen Bedeutung erlangen. Die elektrophysiologische Methode ist verhältnismäßig einfach und der Untersuchungsgang für Patienten nicht unangenehm.

Besprechung

BERNHARD (1940), MONNIER u. BOEHM (1947) begannen mit „post-retinalen Zeitmessungen“, die sich einerseits auf den Beginn der b-Welle des Elektretinogramms bezogen und andererseits auf die Unterdrückung (réaction d'arrêt, blocking time) des α -Rhythmus infolge eines Lichtreizes. Die Ergebnisse waren aber nicht ermutigend (MONNIER 1948), da sich eine mittlere Streuung von ± 50 msec fand, weil der Beginn der Unterdrückung des α -Rhythmus selten sicher zu bestimmen ist. Er stellt auch kein Kriterium einer Antwort des Sehzentrums dar. GREY WALTER (1946) gab den Anstoß, stattdessen das Auftreten corticaler Potentiale auf den Lichtreiz hin zu werten. Als sich dann zeigte, daß diese Aktionspotentiale (evoked potentials, local on-effect) auch durch das Schädeldach abgeleitet werden können, war der Weg zur Beurteilung einer Antwort des Sehzentrums frei. Als Registrierinstrument dient der Elektroencephalograph oder der Kathodenstrahl-oscillograph. So beobachtete MONNIER (1948) bei jeweils 3 Versuchspersonen eine corticale Zeit von 120 msec (± 25) und eine retino-corticale von 50 msec (± 15), bei anderen Messungen eine corticale Zeit von 108 msec (± 15) und eine retino-corticale Zeit von 48 msec (± 10).

Inzwischen sind verschiedentlich beim Menschen Latenzzeitmessungen mit Hilfe des Elektretinogramms und -encephalogramms bzw. einer Kathodenstrahl-oscillographie durchgeführt worden, wobei zur Lichtreizung ein Stroboskop benutzt wurde. Als Meßwerte wurden immer der Beginn der b-Welle im Elektretinogramm herangezogen, der bei meinen Untersuchungen 24 msec nach Beginn des Lichtreizes einsetzte. Seitens der occipitalen Antwort des Sehzentrums wurde das erste deutliche Aktionspotential gewertet, so daß als Vergleichsmaßstab meiner Ergebnisse der Meßpunkt I_0 , 54 msec (± 5) nach Lichtreizbeginn gelten mußte.

Mit einer verbesserten Ableitungstechnik konnten MONNIER und v. BERGER (1952) eine retinale Zeit von 27 msec feststellen. Den über dem Inion in einzelnen Fällen abgeleiteten Aktionspotentialen wurden

zur Kennzeichnung die Buchstaben b—e gegeben. Der Beginn des positiven b-Potentials lag bei 35 msec, der Beginn der negativen Welle bei 57 (± 5) msec nach Lichtreizung. Auch LAUE und MONNIER (1954) beobachteten die vorgenannten Potentiale im occipitalen Elektroencephalogramm. Der Beginn des b-Potentials setzte 40 msec nach dem weißen Lichtreiz des Stroboskops ein. Das b-Potential war aber nur bei bestimmten Versuchspersonen nachzuweisen, namentlich bei Kindern. Die retino-corticale Zeit betrug 10 msec. Sowohl in der Wellenform als auch hinsichtlich der anfangs kürzeren Latenzzeit unterscheiden sich diese Potentiale sehr von der Initialphase meiner occipitalen Ableitungen, die auch mit dem Reizlicht eines Stroboskops (SCHWARZER) zu provozieren ist. Es ist naheliegend, einer retino-corticalen Zeit von 8—10 msec und kürzer wesentliche Bedeutung beizumessen, da ein kürzestmögliches Zeitmaß der Wirklichkeit am nächsten kommen dürfte. Es lassen sich aber zwei verschiedene Potentialformen als Antwort auf einen Lichtreiz hin ableiten, einmal das frühzeitig einsetzende b-Potential mit folgenden Grundrhythmus-ähnlichen Wellen regelmäßiger aber niedriger Potentialformen, zum anderen auf der Basis eines Niederspannungs-EEG hohe Aktionspotentiale charakteristischer Art wie die jetzt beschriebene Initialphase. Erstere von niedriger Amplitude (6,5—30 μV) lassen sich nur in einzelnen Fällen beobachten, letztere mit hoher Amplitude (150—200 μV) unter meinen Versuchsbedingungen in der Mehrzahl der Fälle.

Mit nicht näher beschriebenen Farbfiltern fanden MONNIER und DIETERLE (1954) eine Verkürzung der retinalen Zeit (rotes Licht 42 msec, violettes 34 msec) und eine Verlängerung der corticalen Zeit (rotes Licht 47, violettes 61 msec) bei sich verkürzender retino-corticaler Zeit von violett zu rot. Diese Ergebnisse sind schwerlich mit den meinigen zu vergleichen, da nicht energiegleiches Licht benutzt wurde. In 20% der Fälle beobachteten FRANÇOIS, STEFENS und DEROUCK (1954) nach Stroboskopreizung im Elektroencephalogramm ähnliche occipitale Potentiale wie MONNIER, v. BERGER und LAUE 1952—1953, und bezeichneten sie mit den Buchstaben a—d, wobei a der seltenen ersten negativen Deflexion galt. Der Beginn des b-Potentials wird mit 35—45 msec nach Lichtreizung angegeben. In bezug auf die retinale Zeit von 10—15 msec wurde so eine ähnliche retino-corticale Zeit von 10—20 msec gemessen.

GASTAUT (1949) leitete beim Menschen subcortical in einer Tiefe von 2,5 und 5 cm occipitale Elektroencephalogramme ab und beobachtete als häufigste erste Antwort auf einen Lichtreiz hin eine diphasische spitze Welle anfangs positiver Auslenkung. Auch die anfangs negative Spitze zeigte sich oft, je tiefer aber die Elektrode gesetzt war, desto häufiger war die erste Auslenkung positiv. Die Form der diphasischen Antwort war sehr ähnlich der von mir jetzt transcutan registrierten Initialphase.

GASTAUT maß eine occipitale Zeit von 45 msec, eine retino-subcorticale von 5 msec (± 5).

Nicht ganz eindeutig waren die Ergebnisse von COBB und MORTON (1952), die occipital positive kleine Deflexionen nach 22—28 msec und breitere, konstantere positive Wellen 70—88 msec nach Reizung mit einer sehr hellen Gasentladungslampe beobachteten. Die Autoren messen letzterer Latenzzeit größere Bedeutung zu.

Beim schlafenden und wachenden neugeborenen Säugling fand ELLINGSON (1958) in 70—75% der Fälle nach Reizung mit dem Grass-Lichtstimulator PS—1 occipital elektroencephalographische Potentiale besonderer Art. Die anfänglich positive, höchstens 50 μ V hohe, meist aber kleinere Welle fehlte häufig, sehr deutlich zeigte sich aber eine folgende diphasische spitze Welle bis 100 μ V, die in ihrer Form manches Mal der von mir als Initialphase bezeichneten sehr ähnelt. Auch eine after-discharge in Form einer Serie zum Teil spitzer Wellen sich vermindender Amplitude stellte sich oftmals ein. Im Mittel maß ELLINGSON als Latenzzeit bis zum Beginn der negativen Welle 190—200 msec, und deutete die lange Latenzzeit mit einer langsamen Reizleitung in den afferenten Fasersystemen. Mit zunehmendem Alter käme es dann zu einer Verkürzung der Überleitungszeit. Der Autor schließt dabei nicht aus, daß retinale und synaptische Faktoren auch eine Rolle mitspielten.

Zusammenfassung

Es wird eine Methode zur Messung der retino-occipitalen Zeit beim Menschen beschrieben, die einer wesentlichen Bereicherung diagnostischer Möglichkeiten für die Neuro-Ophthalmologie dienen kann. Zur bestmöglichen Beurteilung der spezifischen Aktionspotentiale dient eine Lichtreizung mit energiegleichen farbigen Einzelreizen. Die Methode hat den Vorteil, nicht nur wie bisherige Versuche in Einzelfällen, Ergebnisse zu zeitigen. Es wurde aufgezeigt, daß bei Personen mit normalem Farbensinn und intakter Sehbahn bei Anwendung energiegleicher Lichtreize keine signifikante Änderung der Latenzzeiten und Charakteristik für ERG, EEG und damit der retino-occipitalen Zeit in Erscheinung tritt.

Literatur

- BERNHARD, C. G.: Contributions to the neurophysiology of the optic pathways. *Acta physiol. scand.* **1**, Suppl. 1 (1940).
- COBB, W., and H. B. MORTON: The human retinogram in response to high-intensity flashes. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* **4**, 547—556 (1952).
- COBB, W. A.: On the form and latency of the human cortical response to illumination of the retina. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* **2**, 104 (1950).
- ELLINGSON, R. J.: Electroencephalograms of normal, full-term newborns immediately after birth with observations on arousal and visual evoked responses. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* **10**, 31—50 (1958).

- FRANÇOIS, J., R. STEFFENS et A. DEROUCK: L'électro-rétino-encéphalographie en clinique ophtalmologique. *Ann. Oculist. (Paris)* **187**, 40—69 (1954).
- GANGLBERGER, J. A.: Charakteristica und Bedeutung der „spontanen“ Photo-Myoklonus-Respons (PMR). *Wien. Z. Nervenheilk.* **16**, 212—242 (1959).
- GASTAUT, H.: Enregistrement sous-cortical de l'activité électrique spontanée et provoquée du lobe occipital humain. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* **1**, 205—221 (1949).
- LAUE, H.: Elektroencephalographische Antwort des Sehentrums bei Lichtreizung. Ref. 7. Tagg Dtsch. EEG-Ges., Bad Nauheim, Okt. 1958.
- Zur Technik der Messung der retino-corticalen Zeit beim Kaninchen. *Albrecht v. Graefes Arch. Ophthalm.* **160**, 171—180 (1958).
- Die Latenzzeit (retino-thalamo-cortical) beim Kaninchen bei Reizung mit energiegleichem verschiedenfarbigem Licht. *Albrecht v. Graefes Arch. Ophthalm.* **162**, 205—214 (1960).
- , u. M. MONNIER: Latenz der retinalen, geniculo-thalamischen und occipitalen Aktionspotentiale bei Lichtreizung (Retino-corticale Zeit). *Pflügers Arch. ges. Physiol.* **259**, 231—240 (1954).
- MONNIER, M.: Mesure du temps rétino-cortical à partir des potentiels corticaux évoqués par stimulation lumineuse chez l'homme. *Helv. physiol. Acta* **6**, C 61—62 (1948).
- Retinal, cortical and motor responses to photic stimulation in man. *J. Neurophysiol.* **15**, 469—486 (1952).
- , et G. P. v. BERGER: Les paramètres de la riposte du cortex occipital à la stimulation photique chez l'homme. *Rev. neurol.* **87**, 189—190 (1952).
- , et F. BOEHM: Prüfung der Leistungsfähigkeit des optischen Systems durch kombinierte Elektoretinographie und Elektroencephalographie beim Menschen. *Helv. physiol. Acta* **5**, C 34—35 (1947).
- , et P. DIETERLE: Le temps rétino-cortical chez l'homme. *Bull. schweiz. Akad. med. Wiss.* **10**, 113—123 (1954).
- SCHAPER, G.: Photic stimulation. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* **9**, 357 (1957).
- WALTER, W. GREY, V. J. DOVEY and H. SHIPTON: Analysis of the electrical response of the human cortex to photic stimulation. *Nature (Lond.)* **158**, 540—541 (1946).

Dr. med. H. LAUE, Mannheim-Waldhof, Sandhoferstraße 8