

Aus der Klinik für Augenheilkunde am Campus Virchow-Klinikum der
Medizinischen Fakultät der Charité - Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Monitoring der Sehbahnfunktion mittels
kontinuierlicher Ableitung visuell evozierter Potentiale**

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät der Charité –
Universitätsmedizin Berlin

von

Richard Bergholz

aus Göttingen

Gutachter: 1. Prof. Dr. med. K. W. Rüther
2. Prof. Dr. med. U. Kellner
3. Prof. Dr. med. H. Krastel

Datum der Promotion: 23.3.2007

Inhalt

INHALT	4
ABKÜRZUNGEN	6
EINLEITUNG	7
Intraoperatives Monitoring der Sehbahnfunktion – Status quo und Zielsetzung	7
Die Sehbahn	7
Evozierte Potentiale	8
Visuell evozierte Potentiale und der „Visual evoked potentials standard“	10
Intraoperative SEP-Ableitung – Besonderheiten und Probleme	15
Intraoperative SSEP- und BAEP-Ableitung	15
Intraoperative VEP-Ableitung	16
Verhalten der VEP-Charakteristika während fortlaufender Stimulation	25
Muster-VEP und Kontrastadaptation	26
Flickeradaptation	27
Hypothesen	28
1. Die Methodik ermöglicht im Wachzustand die Ableitung eines im Vergleich zum Rauschen signifikant größeren Signals.	28
2. Amplitude und Phasenlage der VEP ändern sich im Zeitverlauf auf charakteristische Weise.	28
3. Die Methodik ermöglicht das Erkennen von Änderungen im Funktionszustand des visuellen Systems unter Allgemeinanästhesie.	28
MATERIAL UND METHODEN	29
Hard- und Software	29
Visuelle Stimulation	29
Verstärkereinstellungen	30
Änderungen gegenüber der üblichen Methodik	30
Steady-state visuell evozierte Potentiale	30
Fourier-Transformation	32
Dynamische Mittelung und grafische Darstellung der Messwerte	33
Messungen an gesunden Probanden	36
Untersuchungsreihe I	38
Untersuchungsreihe II	39
Untersuchungsreihe III	41
Messungen an neurochirurgischen Patienten	43
Präoperative Untersuchungen der Patienten	43

Intraoperative Messungen der Patienten	43
ERGEBNISSE	46
Probandenmessungen	46
Untersuchungsreihe I	46
Untersuchungsreihe II	51
Untersuchungsreihe III	65
Prä- und intraoperative Messungen der Patienten	67
Patientin HB	67
Patientin PM	70
Patientin SO	74
Patient WH	79
Nicht dokumentierte Patientenmessungen	82
DISKUSSION	83
Auswertung der Hypothesen	84
1. Hypothese: Die Methodik ermöglicht im Wachzustand die Ableitung eines im Vergleich zum Rauschen signifikant größeren Signals.	84
2. Hypothese: Amplitude und Phasenlage der VEP ändern sich im Zeitverlauf auf charakteristische Weise.	84
3. Hypothese: Die Methodik ermöglicht das Erkennen von Änderungen im Funktionszustand des visuellen Systems unter Allgemeinanästhesie.	91
ZUSAMMENFASSUNG	96
LITERATUR	97

Zusammenfassung

Im Gegensatz zu sensiblen, motorischen und akustischen Systemen ist die intraoperative Überwachung der Sehbahnfunktion problematisch. Der Lösungsversuch dieser Arbeit bestand in der Änderung der Stimulationscharakteristika und der Datenverarbeitung. Steady-state visuell evozierte Potentiale wurden dynamisch gemittelt und nach Fourier-Transformation im Verlauf grafisch dargestellt.

Es wurden Ableitungen an gesunden Probanden sowie an Patienten vor und während Allgemeinanästhesie vorgenommen.

Die intraoperativ abgeleiteten Potentiale hatten eine deutlich niedrigere Amplitude als die im Wachzustand gemessenen. Somit konnte keine eindeutige Unterscheidung zwischen Signal und Rauschen getroffen werden, ein Rückschluss auf den Funktionszustand des visuellen Systems war nicht möglich.

Es wurden Ursachen für die Diskrepanz zwischen den Potentialen im Wachzustand und unter Narkose untersucht. Insbesondere ergaben sich Hinweise auf die Bedeutsamkeit des Anästhetikums Propofol.

Im Wachzustand konnte eine sichere Unterscheidung zwischen Signal und Rauschen getroffen werden. Auch die Stabilität der Potentialcharakteristika war zufrieden stellend. Überraschenderweise wurden aber trotz gleich bleibender Stimulation charakteristische Zeitverläufe von Amplitude und Phase beobachtet. Es wurde statistisch belegt, dass sich die Phasenlage der Antworten im Zeitverlauf ändert. Als wesentliche Ursache wurde die Flickeradaptation erkannt.

Im Wachzustand ermöglicht die beschriebene Methodik erstmals eine schnelle und kontinuierliche Beurteilung der Sehbahnintegrität. Aus den dargestellten Ergebnissen lassen sich weitere Optimierungen bezüglich Stimulation, Messtechnik, Datenverarbeitung und Anästhesieverfahren ableiten. Das methodische Prinzip könnte die Überwachung anderer sensorischer Systeme weiter erleichtern. Ein anderer denkbarer Nutzen kann in der Verwendung zur Überwachung der Narkosetiefe liegen.

Abkürzungen

AEP	Akustisch evozierte Potentiale
BAEP	Brainstem acoustic evoked potential (akustisch evozierte Hirnstammpotentiale)
c/deg	cycles per degree (Zyklen pro Grad, Maßeinheit der räumlichen Frequenz bzw. der Kantenlänge bei Musterstimulation)
cc	cum correctione (nach Korrektur von Brechungsfehlern)
DFT	discrete Fourier transform
EEG	Elektroenzephalogramm
EP	Evozierte Potentiale
ER	evoked response (kortikale Antwort auf einen einzelnen Stimulus)
ERG	Elektroretinogramm
fVEP	flash visual evoked potential (visuell evozierte Potentiale auf Blitzlichtreizung)
ISCEV	International Society for Clinical Electrophysiology of Vision
MEP	Motorisch evozierte Potentiale
p.o.	per os
pVEP	pattern visual evoked potential (visuell evozierte Potentiale auf Musterstimulation)
RAPD	relativer afferenter Pupillendefekt
rps	Reversals per second (Musterwechsel pro Sekunde)
SEP	sensorisch evozierte Potentiale
SNR	signal-to-noise ratio (Signal-Rausch-Verhältnis)
SSEP	somatosensorisch evozierte Potentiale
ssVEP	steady-state visuell evozierte Potentiale
TIVA	totale intravenöse Anästhesie
tVEP	Transiente visuell evozierte Potentiale
VEP	visuell evozierte Potentiale
VER	visual evoked response (kortikale Antwort auf einen einzelnen visuellen Stimulus)

Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.

Danksagung

Herrn Professor Dr. K. Rüter danke ich für die Ermöglichung der interessanten Arbeit in seiner Abteilung, für eine anregende und motivierende Arbeitsatmosphäre und für seine vielseitige und stets geduldige Unterstützung.

Herrn Dr. T.-N. Lehmann und Herrn Prof. Dr. med. C. Woiciechowsky aus der Klinik für Neurochirurgie danke ich für die Ermöglichung des klinischen Einsatzes der Methodik und für die engagierte, fächerübergreifende Zusammenarbeit.

Herrn Dr. G. Fritz aus den Kliniken für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin danke ich für die interessierte Zusammenarbeit und für seine Vorschläge zum experimentellen Vorgehen.

Frau Dr. B. Wegner vom Institut für medizinische Biometrie danke ich für ihre Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Frau M. Bohne aus der Abteilung für Elektrophysiologie danke ich für die versierte Hilfestellung bei der praktischen Einarbeitung und bei technischen Problemen.

Herrn J. Finger und Herrn Dr. U. Held von Roland Consult danke ich für die Bereitstellung des Messplatzes, für die technische Hilfe und für Ihre Offenheit gegenüber Änderungsvorschlägen.

Allen Probanden danke ich für die geduldige Teilnahme an den Versuchsreihen.

Meinen Eltern danke ich für ihre immerwährende selbstlose Unterstützung.

Meinem Bruder danke ich für das Vorbild, das er mir in seiner Zielstrebigkeit ist.

Erklärung

Ich, Richard Bergholz, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema „Monitoring der Sehbahnfunktion mittels kontinuierlicher Ableitung visuell evozierter Potentiale“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.

Datum

Unterschrift