

Vergleich von Pupillographie und EEG-Powerspektren zur Vigilanzmessung

Michael Schröder¹, Barbara Guldin¹, Gabriele Gloger²

¹Neurologische Klinik und Poliklinik der Charité, Campus Virchow-Klinikum, Humboldt-Universität zu Berlin

²Lungenklinik Heckeshorn, Berlin

Einleitung:

Die Messung von Müdigkeit bzw. Einschlafneigung ist eines der zentralen Probleme der Schlafmedizin. Basierend auf dem Konzept der tonischen Vigilanzregulation stellen der Multiple-Schlaf-Latenz-Test (MSLT) und der Maintenance of Wakefulness-Test (MWT) die etablierten neurophysiologischen Verfahren dar, mittels des EEG die Einschlafneigung im Tagesverlauf oder in einer Einzelmessung zu bestimmen. In letzter Zeit hat die Messung des spontanen Pupillenverhaltens im Dunkeln (Pupillographie) Bedeutung erlangt. Kann ein bestimmtes Vigilanzniveau nicht mehr gehalten werden, kommt es also zu Fluktuationen der tonischen Vigilanzregulation, treten vermehrt Fluktuationen der Pupillenweite auf. Diese beruhen auf einer vermehrten sympatho-vagalen Imbalance und lassen sich durch das Maß des Pupille-Unruhe-Index (PUI) beschreiben (Abbildung 1 und 2). Es liegt nahe, nach dem den sogenannten Schläfrigkeitwellen zugrunde liegenden neurophysiologischen Korrelat zu suchen.

stabiles Pupillenverhalten bei gespannter Aufmerksamkeit

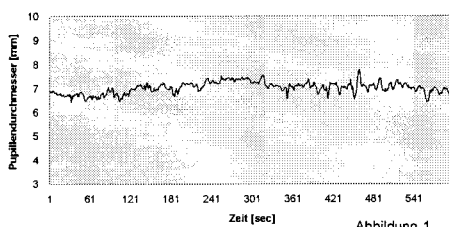


Abbildung 1

unruhiges Pupillenverhalten bei Müdigkeit

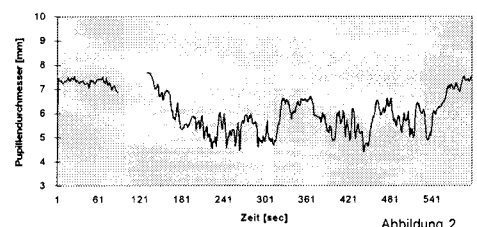


Abbildung 2

In der hier vorgestellten, noch laufenden Studie soll auf folgende Frage eingegangen werden:

Entspricht das Frequenzverhalten des EEG - als Ausdruck des Vigilanztonus - den zu messenden Veränderungen der Pupillenweite?

Dazu wurden beispielhaft Patienten mit schlafbezogenen Atmungsstörungen als potentiellen Müdigkeitskandidaten entsprechend der unten skizzierten Methodik untersucht.

Patienten und Methodik:

Untersucht wurden Patienten eines großen pneumologischen Schlaflabores mit der Diagnose einer schlafbezogenen Atmungsstörung zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Krankheitsverlauf (vor bzw. nach CPAP-Therapie). In 10-minütigen Meß-Sequenzen wurde simultan das EEG, EKG, EOG sowie die Infrarot-Pupillographie aufgezeichnet. Die Messungen erfolgten in einem dunklen, gegen Außengeräusche abgeschirmten Raum, zusätzlich wurden die Probanden durch weißes Rauschen einer Intensität von 55 dBSPL vertäubt.

Die Patienten wurden angewiesen, bei weitestgehender Reduktion von Lidschlägen konzentriert den visuellen Stimulus zu fixieren und zu versuchen mit hoher Aufmerksamkeit wach zu bleiben. Mit dem Unterschied der geöffneten Augen kann von einer Kurzform des MWT gesprochen werden.

Da es uns auf die Erfassung der spontanen tonischen Vigilanz-Regulation im Meßverlauf ankam, wurde bei erkennbarer Müdigkeit kein „Weckreiz“ gegeben.

Berechnet wurde der Pupille-Unruhe-Index (PUI) und die FFT von einminütigen EEG-Sequenzen.

Ergebnisse:

Von insgesamt 46 zehn-minütigen Meß-Sequenzen wiesen lediglich 10 verwertbare Pupillographie-Daten auf. Bei den restlichen konnten wegen müdigkeitsbedingter mangelhafter Fixierung des visuellen Stimulus oder einer zu hohen Blink-Rate keine aussagekräftigen Pupillographie-Daten gewonnen werden.

Wegen der niedrigen Fallzahl wurde auf eine statistische Berechnung verzichtet.

EEG

Das Frequenzspektrum des EEG ist im entspannten Wachsein mit geschlossenen Augen durch eine hohe Leistungsdichte im Alpha-Frequenz-Bereich gekennzeichnet.

Nach dem Augenöffnen kommt es zur Blockierung der Alpha-Aktivität, es herrscht eine desynchronisierte Aktivität vor, deren Frequenzspektrum aus einem grundliniennahen „Rauschen“ geringer Leistung im Alpha- und Beta-Band besteht.

In Analogie zum Alpha-Zerfall und zur zunehmenden Synchronisation im Theta-Frequenzbereich kommt es bei geöffneten Augen bei Abnahme des Vigilanz-Tonus zunächst zu einer Zunahme der Synchronisation im Alpha-Frequenzband.

Bei allen Messungen konnte eine Fluktuation der Power im Alpha-Frequenzband während der 10-minütigen Registrierung festgestellt werden, d.h. daß damit möglicherweise die Insuffizienz des Vigilanztonus abgebildet werden kann.

Mit Zunahme der Müdigkeit bzw. der Schwierigkeit, ein gleichbleibend hohes Vigilanzniveau während der Messung zu halten (wie von allen Patienten berichtet), kommt es in fast allen der hier gezeigten Daten zur Zunahme der Alpha-Leistung (Abbildung 3).

Pupillographie

Wie aus bisherigen Publikationen bekannt, geht die Zunahme von Müdigkeit mit einer Zunahme des PUI einher. Veränderungen des PUI im Zeitverlauf belegen zusätzlich die Fluktuation des Vigilanzniveaus.

EEG und Pupillographie

Wie exemplarisch in den Abbildungen 4 bis 6 dargestellt, verlaufen die Fluktuationen der PUI und der Leistung im Alpha-Band weitgehend parallel.

Für eine statistische Analyse stehen uns zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht ausreichende Datenmengen zur Verfügung.

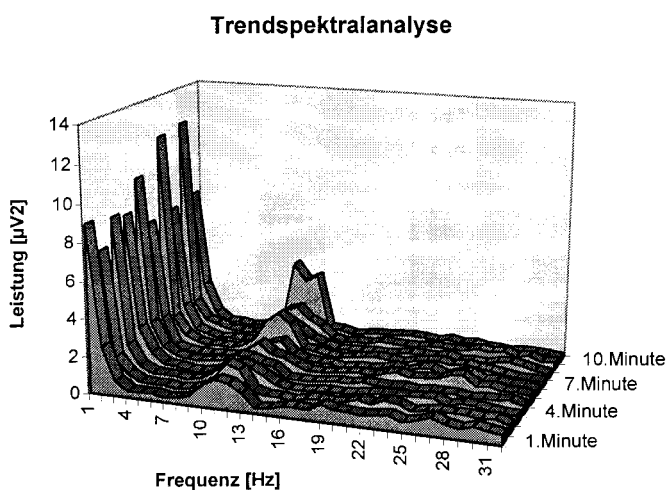


Abbildung 3

Abbildung 4: FE-1.2

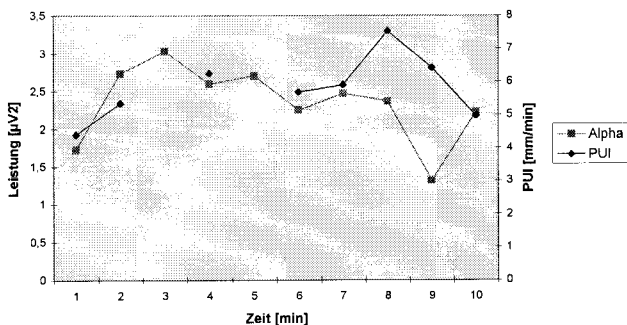


Abbildung 5: PF-2.1

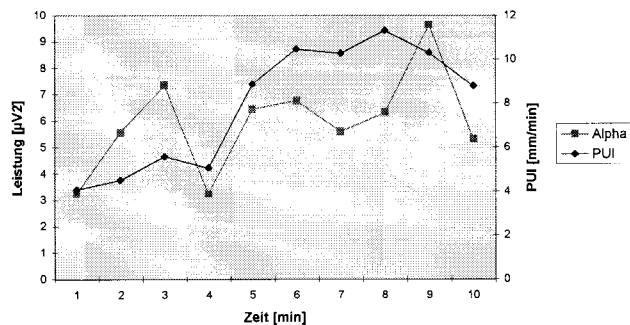


Abbildung 5: RA-2.1

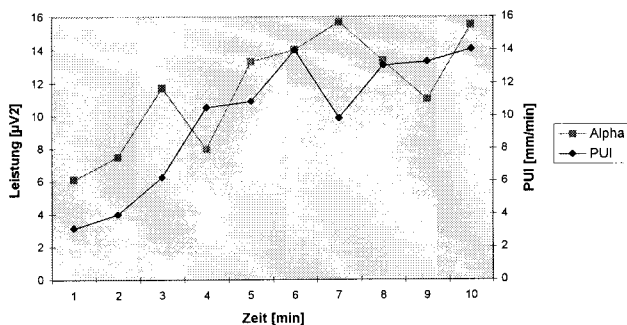
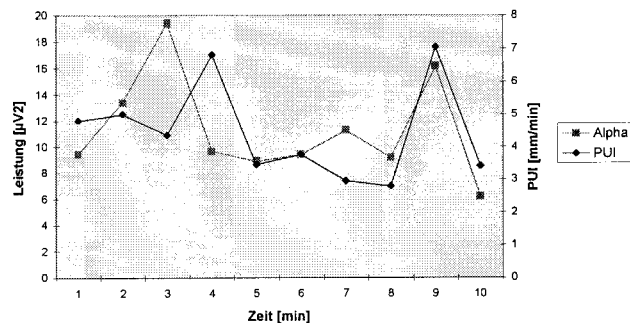


Abbildung 6: RA-1.2



Schlußfolgerungen:

Die gleichzeitige Gewinnung pupillo- und elektroenzephalographischer Daten stellt an die äußeren und inneren Meßbedingungen eine hohe Anforderung.

Die Tatsache, daß es nur in einer so geringen Anzahl von Messungen gelingt, beide Verfahren kombiniert durchzuführen, läßt vermuten, daß eine stabile pupillographische Datenerfassung nur in einem begrenzten Vigilanzbereich möglich ist. Wird ein bestimmtes Vigilanzniveau unterschritten, kann das EEG das allgemeine Vigilanzniveau und dessen kurzfristige Fluktuationen weiterhin widerspiegeln, wenn aus Gründen z.B. der mangelnden Fixierung eine Pupillographie nur noch unzureichend möglich ist.

Die gleichsinnigen Veränderungen der Meßwerte läßt vermuten, daß ein gemeinsam zugrunde liegender neurophysiologischer Prozeß abgebildet wird.