

Abstract

Title: The top-down function of prestimulus EEG alpha activity

Author: Byoung Kyong Min, M.Sc. (Neurobiology and Physiology)

Through this thesis, I tried to investigate the functional dynamics of prestimulus alpha activity and its relation to mental events. For this purpose, I categorized subjects according to either the amount or the dominance of prestimulus alpha activity, and employed a transform based on Morlet wavelets for computing total and evoked alpha activity. Study 1 demonstrated the existence of an additive power after stimulation irrespective of the amount of prestimulus alpha activity, while Study 2 provided substantial evidence (dominance-dependency) in favor of phase-resetting of ongoing alpha activity in ERP-generation. Taken together, both models for ERP-generation are evenly plausible within a single framework and able to coexist. Both Study 1 and Study 2 also suggested that prestimulus alpha activity, which presumably reflects a functional state of the brain prior to stimulation, might influence poststimulus information processes. In agreement with this view, Study 3 proposed that prestimulus alpha activity probably reflects top-down inhibitory processing in advance of stimulation and modulates subsequent poststimulus responses. I suppose that a concentrated mental attitude to process upcoming information results in enhancement of alpha activity. Both ongoing top-down reflection and a paradoxical increase of alpha activity can be understandable within this framework.

Zusammenfassung

Title: The top-down function of prestimulus EEG alpha activity
Author: Byoung Kyong Min, M.Sc. (Neurobiologie und Physiologie)

Menschliche EEG Alpha Aktivität im Bereich der parieto-okzipitalen Region ist charakterisiert durch eine erhöhte Amplitude und Dominanz gegenüber anderen Frequenzbändern, sowohl im spontanen EEG als auch in Vorreizabschnitten. Als Folge solch hoher Vorreiz-Alpha-Energie zeigt nur das Alpha Band sowohl ereigniskorrelierte Desynchronisation als auch Synchronisation. Diese besonderen Eigenschaften der Alpha Aktivität bieten geeignete Bedingungen, um die funktionelle Bedeutung der fortlaufenden Aktivität und ihre mutmaßliche Rolle für eine fortlaufende top-down Kontrolle weiterer Informationsverarbeitungsschritte zu untersuchen. Auf der Basis dieser erwähnten Bedingungen habe ich versucht, die folgenden Hypothesen in diesem Dissertationsprojekt zu prüfen. In Studie 1 habe ich die Validität etablierter Modelle, die versuchen, die Entstehung ereigniskorrelierter Potentiale (EKP) zu erklären, mithilfe dissoziierbarer EEG Dynamik von totaler und evozierter Alpha Aktivität geprüft. Als zweites, in Studie 2, habe ich untersucht, ob die Dominanz der Vorreiz-Alpha-Aktivität frühe EKP-Komponenten zugunsten von Phasen-Rückstellungen beeinflusst. Die Ergebnisse dieser Studie validierten darüber hinaus die funktionelle Bedeutung fortlaufender Alpha Aktivität für die Entstehung von EKPs. Schließlich habe ich in Studie 3 die Rolle der Vorreiz-Alpha-Aktivität in Bezug auf eine Form von top-down Kontrolle der Antwort auf einen Reiz untersucht.

Um die Spektralanalyse in dieser Arbeit durchzuführen habe ich die Wavelet Transformation benutzt. Zur Detektion sinusoidaler EEG Signale sind sinusoidale Wavelets, wie etwa Morlet Wavelets, ideal. Deshalb habe ich eine Transformation auf der Basis von Morlet Wavelets benutzt, um totale und evozierte Alpha Aktivität zu berechnen. Die totale Aktivität besteht aus evozierter und induzierter Aktivität. Evozierte Aktivität ist streng phasengebunden zum Beginn eines Ereignisses über die Versuchsdurchgänge hinweg, während induzierte Aktivität zwar mit den Experimentalbedingungen korreliert, jedoch keine fixe Phasenrelation zum Beginn eines Ereignisses zeigt.

In Untersuchung 1 (Kapitel 4) wurde die Beziehung zwischen Vorreizausprägung fortlaufender Alpha Aktivität und seiner ereigniskorrelierten Dynamik mit Bezug auf Modelle der EKP Entstehung untersucht. Es gibt verschiedene konkurrierende Hypothesen über die Genese der EKP. Während einige Autoren vorgeschlagen haben, dass EKP durch eine neuronale Antwort generiert würden, die sich zur fortlaufenden Aktivität additiv und unabhängig verhält, haben andere argumentiert, dass EKPs durch eine teilweise Phasenrückstellung der fortlaufenden Aktivität entstünden. Um die Gültigkeit dieser zwei Modelle abzuschätzen, wurde das EEG bei 23 Versuchspersonen während einer visuellen Diskriminationsaufgabe gemessen. Nachdem die Versuchspersonen auf der Basis der Stärke ihrer totalen Vorreiz-Alpha-Aktivität einer von drei Gruppen zugeordnet wurden, konnten ausgeprägte Unterschiede der ereigniskorrelierten EEG Dynamik zwischen den Gruppen beobachtet werden. Obwohl alle Gruppen eine ereigniskorrelierte Zunahme der phasengebundenen (evozierten) Alpha Aktivität zeigten, zeigten nur Versuchspersonen mit anhaltender Vorreiz-Alpha-Aktivität eine deutliche Abnahme nicht phasenstarrer Alpha Aktivität nach dem Reiz (Alpha-Blockade). Im Gegensatz dazu zeigten Versuchspersonen ohne beobachtbare totale Vorreizaktivität eine gleichzeitige Zunahme von phasengebundener und nicht phasengebundener Alpha Aktivität nach der Stimulation. Die Daten dieser Versuchspersonen schienen für eine additive neuronale Antwort ohne Alpha-Blockade zu sprechen. Allerdings legen die dissoziierbaren EEG Dynamiken von totaler und evozierter Alpha Aktivität sowie eine komplementäre Simulation eine teilweise nicht-lineare Komponente der EKP Entstehung nahe. Wir schlußfolgerten, dass sowohl teilweise Phasenrücksetzung, als auch teilweise additive Energiezunahme dynamisch zur Genese der EKPs beitragen. Diese Ergebnisse zeigen, dass der Vorreizzustand des Gehirnes einen deutlichen Einfluß auf ereigniskorrelierte Hirnantworten ausübert, und dass sich die Mechanismen, die ereigniskorrelierte Antworten erzeugen, je nach Vorreizzustand unterscheiden können. Diese Studie wurde im *International Journal of Psychophysiology* veröffentlicht.

Um genauer zu untersuchen, ob eine Reorganisation der fortlaufenden Alpha Aktivität in Studie 1 nach der Stimulation auftrat, wurde in Studie 2 (Kapitel 5) der Zusammenhang zwischen der Dominanz der totalen Vorreiz-Alpha-Aktivität und nachfolgenden evozierten Antworten untersucht. Dazu wurden die Versuchspersonen erneut auf zwei Untergruppen verteilt: dominantes und nicht-dominantes Alpha, je nach der Dominanz der totalen Vorreiz-Alpha-Aktivität im gleichen Datensatz wie in Studie 1. Es konnte beobachtet werden, dass Individuen mit dominanter Vorreiz-Alpha-Aktivität

deutlich höhere Amplituden der P1 erzeugen, als solche ohne dominante Vorreiz-Alpha-Aktivität. Solch eine proportionale Beziehung zwischen Vorreiz-Alpha-Dominanz und der P1-Amplitude kann kaum durch die Modellvorstellung einer additiven Energiekomponente erklärt werden, in der die Stimulation systematisch evozierte Signalenergie – unabhängig von den Eigenschaften der Vorreiz- und fortlaufenden Aktivität – zur fortlaufenden Aktivität hinzu addiert. Eher scheint die Dominanz der Vorreiz-Alpha-Aktivität mit einem Beitrag der Nachreiz-Alpha-Aktivität zu solch einer frühen EKP Komponente wie der P1 einherzugehen, zu Gunsten einer Phasenrückstellung der fortlaufenden Alpha-Aktivität. Da die frühen EKPs reizinduzierte, unverzügliche Hirnantworten widerspiegeln, unterstützen diese Befunde auch die Auffassung, dass die dominante Vorreiz-Alpha-Aktivität einen bestimmten Zweck in Hinsicht auf mentale Prozesse hat. Die Dominanz von Vorreiz-Alpha-Aktivität, die vermutlich einen funktionalen Zustand des Gehirns vor der Stimulation widerspiegelt, kann die Informationsverarbeitung, wie sie sich in frühen EKP Komponenten widerspiegelt, möglicherweise durch Phasenrückstellung beeinflussen. Diese Studie ist zur Zeit unter Begutachtung bei der Zeitschrift *Clinical Neurophysiology*.

In Studie 3 (Kapitel 6) wurde die Funktion der Vorreiz-Alpha-Aktivität in Bezug zu Vorreiz top-down Hemmungsprozessen untersucht. Um diese Hypothese zu testen, wurde das EEG von 16 Versuchspersonen während einer Farb- und einer Form-Diskriminationsaufgabe aufgezeichnet. Beide Aufgaben erforderten die Unterdrückung der aufgabenirrelevanten Reizdimension. Längere Reaktionszeiten und P3 Latenzen zeigten, dass die Formaufgabe schwieriger als die Farbaufgabe war. Es wurde angenommen, dass diese verschiedenen Aufgabenschwierigkeiten durch die höhere Salienz der Farbeigenschaft im Vergleich zur Formeigenschaft bedingt waren. Interessanterweise wurde deutlich mehr totale Vorreiz-Alpha-Aktivität während der Formaufgabe als in der Farbaufgabe beobachtet. Es kann geschlossen werden, dass die Unterdrückung der salienteren Farbeigenschaft während der Formaufgabe eine erhöhte Vorreiz-Alpha-Aktivität zur Folge hatte. Solche Reflektionen der Leistung nach dem Reiz in der Alpha-Aktivität vor dem Reiz legen nahe, dass die Vorreiz-Alpha-Aktivität top-down-Prozesse zur Vorbereitung der nachfolgenden Aufgaben-Leistung widerspiegelt. Da dieser Aufgabeneffekt der Vorreiz-Alpha-Aktivität sowohl bezüglich der Reaktionszeiten als auch bezüglich der P3 Latenzen beobachtet wurde, scheint die Vorreiz-Alpha-Aktivität solche, dem Reiz folgende, Antworten vorherzusagen. Diese Studie ist zur Zeit unter Begutachtung bei der Zeitschrift *Neuroscience Letters*.

Zusammenfassend kann man sagen, dass fortlaufende EEG Aktivität durch eine Mischung von additiver Signalenergie und der Neuordnung der Vorreiz-Aktivität erregt werden. Diese Phänomene wurden im vorliegenden Projekt, zumindest für das EEG Alpha Band, beobachtet. Sowohl Studie 1 als auch Studie 2 legen nahe, dass Vorreiz-Alpha-Aktivität, die wahrscheinlich den funktionellen Zustand des Gehirns vor einer Stimulation widerspiegelt, dem Reiz folgende Informationsverarbeitungsprozesse beeinflussen kann. Studie 3 lieferte eine tatsächliche Evidenz für einen funktionellen Zusammenhang zwischen Vorreiz-Alpha-Aktivität und top-down Verarbeitung. Ich vermute, dass eine konzentrierte mentale Anstrengung anstehende Information zu verarbeiten, zu einer Verstärkung der Alpha-Aktivität führt. Daraus schließe ich, dass eine dominante Vorreiz-Alpha-Aktivität möglicherweise fortlaufende top-down Informationen widerspiegelt und nachfolgende Reizantworten moduliert.