

# Significado fisiológico dos parâmetros de frequência e amplitude no EEG humano e valor informativo comparativo das análises espectral e de período

Vladimir V. Lázarev

National Mental Health Research Centre of the Russian Academy of Medical Sciences, Moscow  
Laboratório de Neurofisiologia Clínica, Instituto Fernandes Figueira, FIOCRUZ  
Av. Rui Barbosa, 716 - 22250-020 - Rio de Janeiro (RJ)  
E-mail: vladimir@sinfo.iff.fiocruz.br

**Resumo** - Em trechos prolongados do EEG, verificamos, através de análise fatorial, que a frequência e a amplitude da análise de período (em 4 faixas padrão) fornecem parâmetros com diferentes significados fisiológicos. Em determinadas tarefas psicofisiológicas e clínicas (relacionadas ao estudo da atividade mental), estes parâmetros aparentam ser mais adequados e informativos do que os mais usados características espectrais dessas mesmas faixas.

**Abstract** - In prolonged EEG epochs, the frequency and amplitude were found through period analysis (in 4 standard bands), and factor analysis was applied to provide signal parameters with different physiological meaning. In certain psychophysiological and clinical tasks (aimed at the study of mental activity), these parameters appear more adequate and informative than the more widely used spectral characteristics of the same bands.

## Introdução

Em períodos do EEG de dúzias de segundos ou mais, o nível geral da amplitude de ondas (principalmente na faixa alfa) é substancialmente determinado por flutuações do nível de despertar relacionado a reações de orientação, enquanto que os parâmetros de frequência parecem refletir outros aspectos das bases neurofisiológicas dos processos mentais. No EEG do escalpo, a amplitude das ondas geralmente apresenta correlação com o número de elementos neuronais com atividade elétrica sincronizada no mesmo ritmo e relaciona-se ao aspecto micro espacial local de interação neuronal. A frequência do ritmo relaciona-se predominantemente ao aspecto temporal da atividade neuronal cíclica. As diferenças nos determinantes fisiológicas da frequência e da amplitude são levados em consideração tanto na análise convencional do EEG como nos métodos computadorizados de análise de período. Para cada faixa de frequência, considera-se separadamente o *índice* (percentagem temporal da sua presença no trecho) e a amplitude. A frequência no trecho é calculada independentemente das amplitudes. É freqüente observar-se um aumento no índice acompanhado por um decréscimo na amplitude e vice-versa. Estas mudanças em sentidos opostos cancelam-se uma a outra no espectro de energia. Ademais, as características espectrais de uma faixa de frequência ampla refletem principalmente influência de segmentos do EEG de alta amplitude (sincronizados), enquanto que os parâmetros de

baixa amplitude (dessincronizados) ficam geralmente obscuros. No presente estudo, avaliamos as intercorrelações entre os parâmetros de frequência e amplitude do EEG em 4 faixas padrão.

## Metodologia

A análise computadorizada de período (intervalo-amplitude) do EEG desenvolvida por Nikiforov & Bochkarev<sup>1,2</sup> foi utilizada. Esta é baseada na avaliação do período de uma onda bioelétrica (que exceda o limiar de 5  $\mu$ V) contida entre dois picos positivos vizinhos (incluindo ondas compostas). A amplitude de uma onda poderia ser definida como a distância (ortogonal à linha isoeétrica) entre o pico negativo e a linha conectando os dois picos positivos adjacentes.

Em cada canal, os parâmetros do índice (vide acima), período médio e amplitude média em 4 faixas padrão (delta - entre 1.0 - 3.5, teta - 3.5 - 7.5, alfa - 7.5 - 12.5 e beta - 12.5 - 30 Hz) foram submetidos à análise fatorial (com rotação varimax) tendo como base suas variações interindividuais. O protocolo do experimento incluiu os estados funcionais de despertar relaxado e de atividades intelectuais, perceptivas e motoras em grupos de sujeitos normais e em pacientes com esquizofrenia incipiente e ciclotimia (250 sujeitos). A duração dos segmentos do EEG analisados foi de 20-26 seg. O EEG foi registrado com derivação monopolar envolvendo as áreas frontais, centrais, parietais e occipitais de ambos hemisférios. A frequência de amostragem utilizada foi de 200 Hz.

## Resultados

A estrutura fatorial dos parâmetros do EEG mostrou-se razoavelmente estável em todos os grupos de sujeitos normais e de pacientes. Três fatores generalizados (i.e. revelados em todas as áreas cerebrais estudadas) representaram 65-75 % da dispersão (variança) dos parâmetros primários do EEG. O Fator I (35-50 % da dispersão) relacionou-se ao índice do alfa e às amplitudes de todas as faixas com pesos fatoriais positivos elevados ( $> |0.6|$ ); os índices delta e teta e seus períodos médios obtiveram elevados pesos fatoriais negativos. O Fator II (10-15 % da dispersão) correlacionou-se positivamente com o índice beta e negativamente com o período médio do beta. Na estrutura do Fator III (10-15 % da dispersão), os pesos fatoriais positivos elevados pertenceram ao período médio do alfa e ao índice teta. Nas regiões frontais, as amplitudes das ondas delta e teta relacionaram-se positivamente com o Fator Ia (15-20 % da dispersão). Durante atividade mental, os valores do Fator I sempre diminuíram proporcionalmente à novidade ou dificuldade das tarefas e estímulos. Os valores do Fator II aumentaram durante atividades mentais associativas "internas" sucessivamente organizadas e ligadas a funções mnemônicas. Estes valores diminuíram durante tarefas perceptivas "externas" necessitando de atenção e em operações mentais e motoras automáticas. Os valores do Fator III aumentaram nestes casos acima bem como durante operações mentais de caráter simultâneo. Nas regiões frontais, os valores do Fator Ia também aumentaram durante atividade mental. Os valores aumentados do Fator II e reduzidos do Fator III mostraram-se característicos de distúrbios astenia-like na esquizofrenia.

## Discussão e Conclusões

A estabilidade relativa da estrutura fatorial obtida é obviamente indicativa de uma certa universalidade dos processos neurofisiológicos independentes envolvidos. O equilíbrio refletido pela proporção dos valores fatoriais do EEG mostrou ser um indicador quantitativo sensível à neurodinâmica durante a atividade mental. Os parâmetros espectrais das mesmas faixas de frequência durante os mesmos testes psicológicos, de acordo com Lazarev<sup>3</sup>, não demonstraram as dinâmicas características dos processos independentes de amplitude de "Excitação cortical" e "Inibição Seletiva Ativa" que revelaram mudanças significativas nos valores dos Fatores II e III. Durante atividade mental, apenas a redução espectral em todas as faixas (particularmente na

faixa alfa) foi obtida com correlações psicofisiológicas e topográficas semelhantes às do Fator I, que é relacionado a processos não específicos de "Atividade Geral". Um aumento da potência espectral de ondas lentas nas áreas frontais também foi obtido. Este foi obviamente similar a dinâmica dos valores do Fator Ia. Esta insensibilidade dos parâmetros espectrais de faixa ampla na avaliação de estados funcionais diferentes durante atividade mental pode ser causada pela combinação dos parâmetros de frequência e amplitude que podem estar relacionados a processos fisiológicos funcionalmente distintos. A separação dos parâmetros de amplitude e frequência também nos permitiu revelar certos desequilíbrios neurodinâmicos característicos em casos leves de esquizofrenia que geralmente não são vistos no diagnóstico através do EEG.

## Referências

- 1 NIKIFOROV, A.I.; BOCHKAREV, V.K. Primary analysis of human EEG by minicomputer. *Zh. Nevropatol. Psikhiatr.*, v. 74, p. 288-291, 1974.
- 2 BrainScan System. User's Guide, Neurotron, Moscow, 93 pp., 1991.
- 3 LAZAREV, V.V. Informative value of various approaches to EEG mapping in the investigation of human mental activity. *Human Physiology* (a translation of *Fiziol. Cheloveka*), Plenum Publ., New York, v. 18, p. 49-57, 1992.