

## AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE CORTICAL EM PACIENTES COM DESORDEM MOTORA DURANTE A INTERVENÇÃO POR BIOFEEDBACK ELETROMIOGRÁFICO

Vieira D.\*, Silva A.N.\*, Melo M.C.\* e Soares A.B.\*\*

\*Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

\*\* Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

e-mail: vieira.debora@gmail.com

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é avaliar a atividade cortical alfa e beta em pacientes acometidos por acidente vascular encefálico (AVE) submetidos ao biofeedback eletromiográfico. Participaram das sessões três pacientes que realizaram o treino por seis semanas, com duas sessões semanais. Foram realizadas entre 2 a 3 séries com 4 repetições em cada sessão. Sinais EEG foram coletados a cada 4 sessões. Para análise, cada sinal foi avaliado em duas épocas: 2 segundos antes do início das contrações musculares e 2 segundos imediatamente após. Energia média das bandas alfa e beta foi calculada a partir da densidade espectral de potência. A análise das médias dos espectros nas diferentes bandas mostrou um padrão diferenciado para cada paciente. Observa-se a predominância das mudanças da atividade alfa, com diferença significativa ( $p < 5\%$ ) ao longo das sessões para os canais EEG C3, Cz e C4. O comportamento da banda beta, com variação difusa das suas médias, apresentou diferença estatística apenas em um dos voluntários após o onset da atividade muscular. Os achados confirmam as relações esperadas entre o comportamento das bandas alfa e beta e o aprendizado cognitivo durante a realização de tarefas. Contudo, seu significado deve ser melhor entendido, permitindo sua correta interpretação e aplicabilidade em sujeitos acometidos por AVE.

**Palavras-chave:** Biofeedback, EEG, Atividade motora, Acidente vascular encefálico.

**Abstract:** *This paper aims to assess the cortical alpha and beta activities in stroke patients under biofeedback therapy. Three volunteers participated in the experiments and underwent myofeedback training for six weeks, two sessions per week. Two or three series with four repetitions each were performed at each session. EEG signals were collected every 4 sessions. Two epochs were selected for study: 2 seconds before the onset of muscle contraction and 2 seconds after. The average energy of the alpha and beta bands was calculated from the power spectral density. Analysis of the mean spectra of the different alpha and beta bands showed a different pattern for each patient. We found a predominance of changes in the alpha activity, with a significant difference ( $p < 5\%$ ) over the sessions for the*

*EEG channels C3, Cz and C4. The behavior of the beta band, with diffuse variation of its average, showed statistical difference only for one volunteer after the onset of muscle activity. Our findings confirm the relationship between the activity of alpha and beta waves and cognitive learning while performing the tasks. However, its meaning must be better understood, allowing for its correct interpretation and applicability in the treatment of stroke patients.*

**Keywords:** *Biofeedback, EEG, Motor activity, Stroke.*

### Introdução

O acidente vascular encefálico (AVE) é uma das principais causas de desordem motora em todo o mundo. Lesões focais em áreas corticais resultam em hipofunção, alterando a atividade elétrica das regiões lesionadas, comprometendo ações motoras, sensitivas e cognitivas. Restituição da função motora tem sido associada com as características neuroplásticas referentes a habilidade da atividade cortical de compensar a perda funcional por meio da reorganização de redes neuronais [1]. Esforços na reabilitação visam oferecer benefícios positivos sobre o grau de deficiência motora. O biofeedback tem sido utilizada como elemento de apoio ao aprendizado motor por meio do controle e correções das variáveis do movimento quando estas desviam da faixa normal de variação, tornando-as mais eficientes. A premissa base é que o aprendizado induza mudanças na atividade neural em diferentes regiões do cérebro, principalmente em áreas anteriores relativas à programação do movimento.

Os registros dos potenciais elétricos das redes neuronais associados com a execução de movimentos podem ser úteis para compreensão das funções corticais relacionadas à performance da atividade motora voluntária. Análises da potência espectral das ondas eletroencefalográficas (EEG) de baixa frequência, dentre elas alfa (8-13Hz) e beta (13-30 Hz) [4] em regiões específicas do córtex tem sido associada ao movimento, a estimulação somato-sensorial e ao grau de desempenho cognitivo para o planejamento do movimento, respectivamente. Este trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento das atividades

corticais alfa e beta em regiões corticais distintas nos pacientes acometidos por AVE submetidos ao treinamento de biofeedback.

### Materiais e métodos

O estudo, considerado como série de casos, foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia (protocolo 314/11). Participaram da pesquisa três voluntários (Tabela 1) acometidos por AVE com idade média de  $60,25 \pm 8,09$ , apresentando comprometimento de membro superior, com grau de espasticidade dos flexores do cotovelo  $\geq 1$  avaliado pela Escala Modificada de Ashworth (EMA), e ausência de contraturas severas na articulação do cotovelo.

Tabela 1. Demografia

Pac*	Idade (anos)	Tempo de lesão	Região cortical acometida	MS** acometido
P1	56	7 meses	Área hipodensa periventricular hemisfério direito.	MS esquerdo
P2	54	8 meses	Região cortical parieto-occipital e estruturas subcortical, hemisfério esquerdo	MS direito
P3	58	9 meses	Região parieto-temporal, hemisfério esquerdo	MS direito

\*Pac – paciente

\*\*MS – Membro superior

Para as sessões de treinamento motor foi utilizado a técnica de biofeedback eletromiográfico (miofeedback), acoplado ao equipamento Myosystem Br1 P84 (DataHominis Tecnologia Ltda, Brasil), com razão de rejeição em modo comum (CMRR) de 92dB, conversor A/D com resolução de 16 bits, 4 eletrodos de superfície ativos simples diferenciais e 1 eletrodo de referência. O filtro passa-baixa foi sintonizado em 1kHz, e a taxa de amostragem de 2kHz. Além do eletromiógrafo, foi usado um computador para execução dos aplicativos de software e um monitor para projetar a sessão de biofeedback para cada paciente. A colocação e posicionamento dos eletrodos e a preparação da pele seguiram as determinações do protocolo SENIAM (*Surface Electromyography for the Non-invasive Assessment of Muscles*). Foram utilizados eletrodos EMG de superfície ativos simples diferenciais. Para a técnica do biofeedback, os eletrodos foram posicionados em região de bíceps braquial do membro acometido (vide tabela 1).

O software de miofeedback foi desenvolvido pela equipe e ofereceu retroalimentação sonora e visual. O objetivo foi correlacionar a atividade de uma musculatura com atividade comprometida pelo AVE ao movimento de objetos coordenado pelo sistema de

biofeedback. Assim, metas foram definidas e eram alcançadas à medida que a atividade do músculo indicava o acerto da meta pré-estabelecida pelo terapeuta conforme o sinal padrão do paciente e objetivo a ser alcançado (Figura 1).

Os voluntários realizaram o treino com o uso do software por seis semanas com duas sessões semanais. O treinamento foi baseado na execução de contrações musculares cuja atividade média fora utilizada para ajustar o posicionamento de um braço renderizado em um ambiente tridimensional. Durante o treino foi requisitado ao paciente promover determinado padrão de contratilidade e, à medida que está contração se aproximava do desejado, o braço virtual de aproximava de uma meta definida, por meio de movimentos de flexão e extensão.

A atividade iniciou com movimentos de contração isotônicas (que promovem movimento), acompanhados de relaxamento do músculo bíceps braquial do membro acometido. A cada sessão, com a evolução do controle muscular, o voluntário era requisitado a aumentar o grau de contratilidade, intercalando movimentos isotônicos e isométricos (sem movimento, apenas tensão para controle do braço virtual) (Figura 1). Foram realizadas 2 a 3 séries com 4 repetições. O número de série era dependente da aptidão física do sujeito para realizar o treinamento em cada sessão. O tempo para completar a movimentação do braço virtual foi livre, variando entre 5 a 10 segundos, seguidas com período de descanso de 20 segundos entre cada repetição.



Figura 1. Voluntário AVEi em sessão de biofeedback. Atividade do membro acometido. A medida que o braço do voluntário entra em padrão de relaxamento ou contração, o braço virtual tende a posição de extensão ou flexão.

As coletas do eletroencefalograma (*BrainNet BNT-36*, filtro notch 60Hz, com frequência de amostragem de 240Hz) foram realizadas a cada 4 sessões. Para as coletas, o paciente deveria finalizar pelo menos 4 repetições de uma série. Os sinais foram pré-processados com filtro passa faixa do tipo Butterworth (6ª ordem) com frequências de corte de 0,5Hz e 40Hz.

Para cada sinal, as séries e suas respectivas repetições durante o treinamento foram separadas em épocas com duração de 10s. Nas análises foram utilizados os dois segundos antes do início das contrações musculares e os dois segundos imediatamente após onset da mesma. As épocas que

apresentaram ruídos intensos foram descartadas de modo a evitar interferências e erros de análises.

A Densidade Espectral de Potência (PSD) foi estimada utilizando método de Welch, com janelamento de Hamming, segmentos de 32 amostras sem sobreposição de épocas. A energia média das bandas alfa e beta foi obtida a partir do PSD, aplicando-se o método de integração numérica trapezoidal para calcular a área sob a curva delimitada, apenas, pelas faixas de frequência referentes às bandas alfa e beta.

O teste de Wilcoxon para amostras emparelhadas (pareadas) foi aplicado para avaliação da significância estatística para a hipótese nula de igualdade entre as medianas da contribuição média de energia do espectro de potência (eletrodos C3, C4 e Cz) antes do início do movimento. A mesma análise foi realizada para o padrão da atividade das ondas depois do início do treinamento. Para amostras que apresentaram distribuição normal, o teste T-pareado foi utilizado. As análises foram realizadas nos sinais coletadas na quarta e última sessão (12<sup>a</sup>) do treinamento para comparação da perspectiva evolutiva de cada paciente, individualmente, entre as sessões. O nível de significância aceito foi de 5% ( $p < 0,05$ ).

## Resultados

As Figuras 2 e 3 apresentam as variações da energia média das bandas de frequência alfa e beta, respectivamente, para os canais C3, Cz e C4 ao longo das sessões de treinamento.

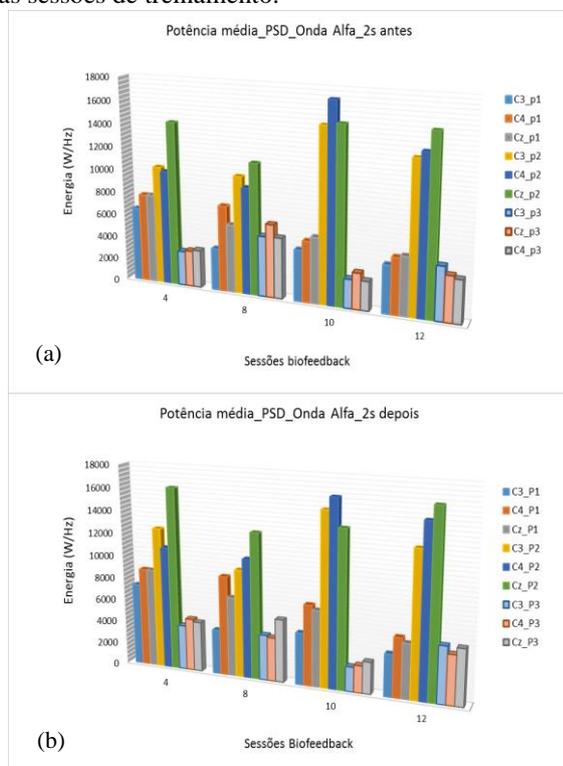


Figura 2. Potência média (PSD) da onda alfa para cada sujeito (P1, P2, P3). (a) dois segundos antes do onset muscular exigido pelo miofeedback e (b) dois segundos depois de iniciada a contração muscular.

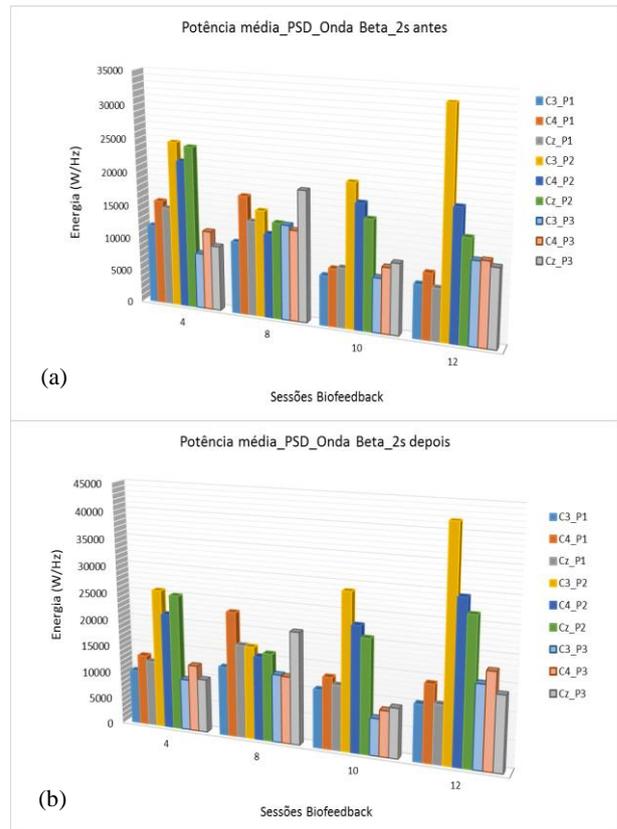


Figura 3. Potência média (PSD) da onda beta para cada sujeito (P1, P2, P3). (a) dois segundos antes do onset muscular exigido pelo miofeedback e (b) dois segundos depois de iniciada a contração muscular.

Nota-se que o paciente P1 apresentou variação significativa ( $p < 0,05$ ) na energia média da onda alfa (Figura 2), nos eletrodos C3, C4 e Cz quando foram comparados os sinais antes de iniciar o movimento entre a 8<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> sessões. As mesmas observações foram feitas com os sinais depois de iniciar o biofeedback, e destaca-se que apenas os eletrodos C3 e Cz apresentaram diferenças significantes (Tabela 2). A onda beta (Figura 3), comparada entre a 4<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> sessões não apresentou significância estatística (Tabela 2).

As observações ilustradas nas figuras 2 e 3 mostram que o sujeito P2 apresentou um aumento na representação gráfica da energia média das ondas alfa, na 10<sup>a</sup> sessão e beta na 12<sup>a</sup> sessão quando visualmente comparado com os outros sujeitos (P1 e P3). Contudo, a avaliação da tabela 2 mostra que apenas a atividade no eletrodo C4, para onda alfa dois segundos após iniciar o biofeedback, apresentou variações estatisticamente significativa ( $p < 5\%$ ).

O sujeito P3, revelou baixa energia média em ambas as ondas (Figura 2 e 3). Porém, houve diferença estatística ( $p < 5\%$ ) nos sinais da banda de frequência alfa no eletrodo C3 antes de iniciar o movimento, e na banda beta em todos os eletrodos no momento inicial do biofeedback (Tabela 2).

Tabela 2. Análise estatística- Onda alfa e beta, dois segundos antes de iniciar o movimento e dois segundos imediatamente após de inicia-lo. Pacientes P1, P2, P3.

Paciente - 1 (P1)						
Banda_alfa	C3_antes	C3_depois	C4_antes	C4_depois	Cz_antes	Cz_depois
Média	4657,5	4862,2	6333,2	7456,7	6093,7	6805,4
DP	1215,2	1632,5	1468,5	1687,6	1151,4	1603,3
P-valor	0,05*	0,02	0,02	0,10	0,03	0,04
Banda_beta	C3_antes	C3_depois	C4_antes	C4_depois	Cz_antes	Cz_depois
Média	9470,7	10974,5	12925,9	15886,4	11327,8	12989,9
DP	2157,3	1211,4	4493,1	4810,5	3601,4	2846,6
P-valor	0,51	0,63	0,63	0,36	0,27	0,76
Paciente - 2 (P2)						
Banda_alfa	C3_antes	C3_depois	C4_antes	C4_depois	Cz_antes	Cz_depois
Média	12150,3	12476,0	12496,9	13154,0	14070,1	14757,6
DP	2345,5	2342,0	3627,0	2914,3	1817,1	1697,6
P-valor	0,17	0,9	0,06	0,03	0,62	0,96
Banda_beta	C3_antes	C3_depois	C4_antes	C4_depois	Cz_antes	Cz_depois
Média	23765,4	28367,4	18116,0	22375,8	17543,7	22230,3
DP	7260,7	10296,5	4003,9	5815,6	4539,7	4745,6
P-valor	0,56	0,06	0,67	0,3	0,42	0,78
Paciente - 3 (P3)						
Banda_alfa	C3_antes	C3_depois	C4_antes	C4_depois	Cz_antes	Cz_depois
Média	3867,4	3782,0	3712,3	3805,2	4157,8	4429,7
DP	1298,5	1171,4	1164,1	1002,6	1522,6	1181,4
P-valor	0,0002	1	0,31	0,21	0,94	0,84
Banda_beta	C3_antes	C3_depois	C4_antes	C4_depois	Cz_antes	Cz_depois
Média	10728,6	11025,2	11892,3	12697,9	12858,5	13389,2
DP	2987,9	3649,2	1584,8	3759,0	4499,1	5268,2
P-valor	0,09	0,03	1	0,03	0,34	0,04

\*Diferença significativa considerada.

\*\*Células realçadas – significância estatística

## Discussão

Os aspectos cognitivos são essenciais na aquisição e execução de novas habilidades motoras, por isso são fundamentais na aprendizagem do movimento. O córtex é responsável por processos cognitivos que envolvem planejamento, organização da sequência e envio das ações específicas dos movimentos a serem executados [1]. Assim, a remodelação cortical induzida por técnicas como biofeedback pode auxiliar neste aspecto processual da cognição e aprendizado motor.

Acredita-se que a atividade das ondas alfa e beta em pacientes acometidos por distúrbios neuromotoras após um AVE, podem apresentar alterações importantes na sua atividade, comprometendo o desempenho cognitivo e a execução de um determinado movimento [1, 3]. Os achados mostram que o paciente P1 apresentou diferença significativa na banda de frequência alfa entre os dois segundos antes e depois do início da contração muscular. Pode-se hipotetizar a eficiência neuronal no planejamento e programação motora para realizar a tarefa sem grandes alterações na potência do sinal, mesmo na área focal da lesão, induzida pelo biofeedback.

Estudos indicam que a aprendizagem motora provoca uma mudança na ativação cortical em áreas pré-motora e motora cortical, e a existência de um aumento da atividade alfa e beta nessas áreas, pode indicar que a atividade motora foi assimilada em situação de alta atenção e aprendizado cognitivo [2, 3]. Ademais, havendo a consolidação do aprendizado motor, proveniente de uma reorganização plástica, a necessidade

neurofisiológica do disparo de milhares de potenciais de ação de inúmeros neurônios é minimizada (Kandel, 2003) e, dessa forma, a intensidade do traçado bioelétrico cortical pode ser atenuada [1, 2]. Neste contexto, observa-se que os pacientes P2 e P3 apresentaram um aumento da onda beta na 8ª sessão. Mas, ao longo do treinamento, houve um declínio na 10ª sessão, tendendo a um pequeno aumento na 12ª, quando outra forma de aprendizado foi requisitado pelo sujeito durante o biofeedback.

## Conclusão

Os achados confirmam as características da atividade das ondas alfa e beta e sua relação com o aprendizado cognitivo durante a realização de tarefas motoras. Contudo, o entendimento dessas correlações e atividades precisam ser aprimorados para permitir sua correta interpretação e aplicabilidade no tratamento de sujeitos acometidos por AVE. Como o comprometimento motor é uma das características primordiais daqueles eventos, o uso de técnicas como biofeedback pode modular mecanismos de plasticidade neurofuncional e influenciar o curso da recuperação após lesão cortical, além de auxiliar na aprendizagem cognitiva.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES, ao CNPq e à FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

## Referências

- [1] Kreisel SH, Bazner H, Hennerici MG (2006) Pathophysiology of stroke rehabilitation: temporal aspects of neuro-functional recovery. *Cerebrovasc Dis.* 21:6-17.
- [2] Kandel, et al. Synapse Formation, trophic interactions between neurons and the development of behavior. **Principles of Neural Science**. Eds. Kandel e Schwartz, Elsevier, 2000.
- [3] Lotze, M.; Halsband, U. Motor imagery. *Journal of physiology*, 99:386-395, 2006.
- [4] Pfurtscheller, G.; Lopes, F.H.S. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clinical Neurophysiology*, 110:1842-1857, 1999.