

Análise Espectral e de Coerência de Padrões do Ciclo Sono-vigília do EEG Neonatal

P. R. Galhanone¹; A. F. C. Infantsi¹; D. M. Simpson¹; M. A. Genofre²; H. Bello²

¹ Programa de Engenharia Biomédica - COPPE/UFRJ

Caixa Postal 68510 - 21945-970 - Rio de Janeiro (RJ) - E-mail: afci@serv.peb.ufrj.br

² Serviço de Neurofisiologia Clínica - Instituto Fernandes Figueira - FIOCRUZ - RJ

Resumo - O espectro de potência e a coerência inter-hemisférica foram estimados para segmentos dos padrões do ciclo sono-vigília *Low Voltage Irregular*, *Misto* e *High Voltage Slow*. Diferenças significativas entre estes padrões foram encontradas, através da ANOVA, em uma larga faixa de frequência, principalmente para o espectro de potência até 15 Hz.

Abstract - The power spectrum and the inter-hemispheric coherence were estimated in segments of neonatal EEG containing *Low Voltage Irregular*, *High Voltage Slow* and *Mixed* patterns. Significant differences between these patterns were found over a wide frequency range, but most strongly for the power spectrum up to 15 Hz.

Introdução

A atividade espontânea do EEG neonatal, caracterizada por padrões dos estados do ciclo sono-vigília, vem sendo apontada como de grande valor diagnóstico e prognóstico em diversas patologias. A determinação clínica destes estados e padrões depende fortemente de um adequado treinamento e experiência do encefalografista, implicando em elevada subjetividade. Alternativamente, a análise quantitativa tem sido empregada no estudo das características em frequência do EEG dos estados de sono em neonatos, tais como em Guaiquinto *et alii*¹, no estabelecimento do espectro de frequência característico, e em Kuks *et alii*², na investigação da coerência intra e inter-hemisférica. Ambas as técnicas serão aplicadas aos padrões eletrográficos dos estados de sono-vigília neonatais (*Low Voltage Irregular* - LVI - mistura de ondas teta e delta com ondas mais rápidas - 20 a 50 μ V; *Misto* - atividade difusa teta e delta com algum alfa e beta - 40 a 100 μ V; e *High Voltage Slow* - HVS - atividade de 0,5 a 4 Hz e 50 a 200 μ V com ondas rápidas)³ com vistas a sua caracterização no domínio da frequência.

Materiais e Métodos

Exames poligráficos de oito neonatos normais nascidos a termo foram realizados (com permissão e na presença dos pais) no Serviço de Neurofisiologia Clínica do Instituto Fernandes Figueira (SNC-IFF), até o 3º dia pós-parto, por 60 a 90 minutos no período diurno. O EEG multicanal (canais: 1=FP1-C3, 2=C4-O2, 3=C3-O1, 4=FP2-T4, 5=FP1-T3, 6=T4-O2, 7=T3-O1, 8=T4-C4, 9=C4-Cz, 10=Cz-C3, 11=C3-T3) foi digitalizado (128 Hz, filtro anti-alias de 35 Hz e definição de 12 bits), classificado por inspeção visual de especialistas e segmentado em trechos de 4 segundos de duração (denominados amostras). Uma base de dados foi então gerada, consistindo de 70 amostras de vigília - padrão LVI, 263 de sono quieto - padrão HVS e 221 de sono ativo - *Misto*.

O espectro de potência global médio foi estimado para cada amostra, pela promediação dos periodogramas de 4 trechos de 1 segundo (consecutivos e sem superposição) dos 11 canais de EEG⁴ e a coerência inter-hemisférica por:

$$\hat{C}(f) = \frac{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^p \left(\text{Re}[\hat{S}_{xy_i}(f)] \right)^2 + \sum_{i=1}^p \left(\text{Im}[\hat{S}_{xy_i}(f)] \right)^2 \right)}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^p S_{xx_i}(f) \cdot \sum_{i=1}^p S_{yy_i}(f) \right)}}$$

sendo $p = 5$ os pares de canais homólogos (3 x 2, 5 x 4, 7 x 6, 10 x 9 e 11 x 8) utilizados na estimação da densidade espectral cruzada ($S_{xy_i}(f)$) e dos auto-espectros ($S_{xx_i}(f)$ e $S_{yy_i}(f)$).

A distinção entre os padrões em termos de seus espectros e da coerência foi testada nas frequências de 1 a 24 Hz pela ANOVA (*Analysis of Variance*).

Resultados e Discussão

Na Figura 1 nota-se que a potência é maior para o padrão HVS e menor para o LVI sendo os espectros destes diferenciados visualmente até 5 Hz (também observado nos oito neonatos). O padrão Misto mostra valores intermediários entre HVS e LVI apenas em 1 e 2 Hz, praticamente se confundindo com este último para as demais frequências (em alguns neonatos esta distinção é mais evidente, indicando a variabilidade inter-individual). Estas observações concordam com os resultados da literatura¹ e a definição clínica.

Nota-se, na Figura 2, que a coerência se diferencia mais entre os 3 padrões que a potência (principalmente de 1 a 7 e de 19 a 24 Hz), sendo maior (exceto aos 11 Hz) para a vigília-LVI. O sono ativo-Misto apresenta valores maiores que o sono quieto-HVS (de 1 a 7 e de 17 a 24 Hz) concordando com os achados de Kuks *et alii*², que aponta ser este comportamento durante o sono ativo provavelmente causado pela atividade inter-hemisférica de centros subcorticais, os quais estão desativados durante o sono quieto. No entanto, esta observação não é válida para todos os pacientes, variando as faixas de frequências e valores, indicando uma alta variabilidade inter- e intra-individual.

O teste ANOVA apontou entretanto que os componentes de potência se distinguem mais fortemente entre os padrões EEG do que a coerência, principalmente para a banda delta (1 a 4 Hz), reduzindo-se gradativamente para as bandas teta (4 a 8 Hz), alfa (8 a 12 Hz) e beta1 (12 a 15 Hz). A coerência, devido a elevada variabilidade inter- e intra-individual, mostrou diferenças significativas ($p < 0,1\%$)

entre os padrões apenas nas altas frequências (> 20 Hz) e em 4 Hz.

Conclusões

Diferenças significativas ($p < 0,1\%$) foram encontradas entre LVI, HVS e Misto, principalmente nas baixas e médias frequências da potência do EEG (1 a 8 e 8 a 15 Hz). Estes resultados sugerem a possibilidade da utilização destas faixas no desenvolvimento de um classificador destes padrões.

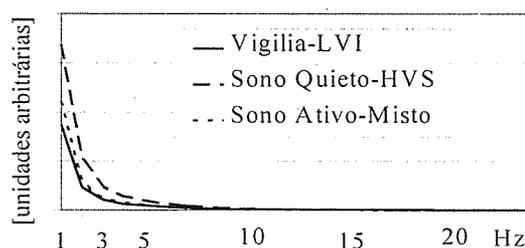


Figura 1.: Média do espectro de potência dos oito neonatos para cada estado de sono.

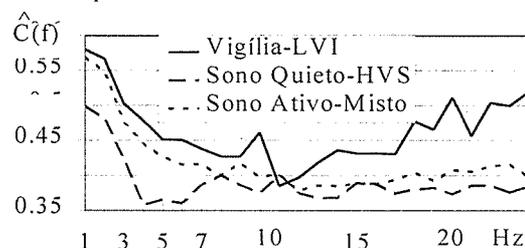


Figura 2.: Média da função de coerência dos oito neonatos para cada estado de sono.

Referências

- GIAQUINTO, S.; MARCIANO, F.; MONOD, N.; NOLFE, G. "Applications of statistical equivalence to newborn EEG recordings". *Electroenceph. Clin. Neuroph.*, v. 42, n. 3, p. 406-413, 1977.
- KUKS, J. B. M., VOS, J. E., O'BRIEN, M. J. "EEG coherence functions for normal newborns in relation to their sleep state". *Electroenceph. Clin. Neuroph.*, v. 69, n. 4, p. 295-302, 1988.
- STOCKARD-POPE, J. E., WERNER, S. S., BICKFORD, R. G., CURRAN, J. S. *Atlas of Neonatal Electroencephalography*. New York, Raven Press, Second Edition, 1992.
- GALHANONE, P. R., INFANTOSI, A. C. F., SIMPSON, D. M. "Classificação de padrões eletro-encefalográficos de estados do ciclo sono-vigília neonatal". *RBE/Cad. Eng. Biomédica*, Número Especial EB na América Latina (aceito), 1996.

Agradecimentos

Ao CNPq e CAPES, pelo apoio financeiro.