

Identificação Objetiva no Domínio da Frequência de Resposta à Fotoestimulação Repetitiva

Eloane G. Ramos, Renato T. Leite, Flávio C. Coelho,
David M. Simpson, A. Fernando C. Infantesi

Programa de Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ,
P.O.Box 68510, 21945-970, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: david@serv.peb.ufrj.br

Resumo - Visando a detecção de mudanças no EEG em resposta a estimulação visual através de métodos estatísticos, três técnicas baseadas na transformada discreta de Fourier são descritas. Estas são avaliadas em simulações e aplicadas a trechos de EEG de adultos normais sob fotoestimulação repetitiva, demonstrando a sua potencialidade.

Abstract - With a view to the detection of changes in the EEG in response to visual stimulation, three statistical techniques, based on the Discrete Fourier Transform, are described. These are then evaluated through simulations and applied to EEG segments of normal adults under repetitive photostimulation with encouraging results.

Introdução

A fotoestimulação repetitiva (FER) com flash é um dos procedimentos de rotina no exame de pacientes com suspeita de epilepsia fotosensível. Em muitos casos (normais e não) pode-se observar ritmos no EEG sincronizados com a frequência do flash, fenômeno denominado recrutamento. A FER é também usada para coleta de potenciais evocados visuais. Técnicas quantitativas têm sido desenvolvidas com vistas a reduzir a componente subjetiva na interpretação destes potenciais e a identificar respostas à estimulação em tempo reduzido, conforme desejado na monitoração de pacientes durante cirurgias que possam afetar o sistema visual. Neste trabalho, três técnicas no domínio da frequência são investigadas com este fim.

Bases teóricas

O Teste F Espectral (SFT)¹ compara diretamente espectros de potência antes (x) e durante (y) FER. Segundo a hipótese nula (ausência de recrutamento),

$$F_{n,m}[f] = \tilde{P}_{xx}[f] / \tilde{P}_{yy}[f] \quad (1)$$

onde $F_{n,m}[f]$ segue a distribuição F com graus de liberdade $n = 2 \times M_x$ e $m = 2 \times M_y$, sendo M o número de janelas usadas na estimação espectral, f a frequência e $\tilde{P}_{..}$ o espectro de potência.

A Medida de Sincronia dos Componentes (CSM)² testa a sincronia entre as fases dos componentes das M Transformadas Discretas de Fourier (DFT), obtidos a partir de segmentos de sinal consecutivos durante a estimulação:

$$CSM[f] = \left[\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \cos \Phi_i[f] \right]^2 + \left[\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \sin \Phi_i[f] \right]^2 \quad (2)$$

onde $\Phi_i[f]$ é a fase de componentes de Fourier de um segmento i de dados. Na presença de resposta ao estímulo, há sincronização de fase nos segmentos. Sob a hipótese nula: $CSM \approx \chi^2_{2M} / 2M$.

A Magnitude Quadrada da Coerência (MSC)² baseia-se na coerência entre o EEG e um trem de pulsos representando os estímulos:

$$MSC[f] = \frac{\left| \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_i[f] \right|^2}{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M |X_i[f]|^2} = \frac{\left| \sum_{i=1}^M X_i[f] \right|^2}{M \sum_{i=1}^M |X_i[f]|^2} \quad (3)$$

onde $X_i(f)$ é o componente da DFT do i -ésimo segmento de dados, na frequência f . Tanto a CSM quanto a MSC variam entre 0 e 1. Sob hipótese nula, a MSC pode ser representada³ pela distribuição F:

$$F_{2, 2M-2} = (M-1) \left(\frac{MSC[f]}{1 - MSC[f]} \right) \quad (4)$$

As estatísticas destes testes foram confirmadas através de simulações Monte Carlo. No caso de sinais simulados com filtragem passa-baixas, implicando em segmentos correlacionados, houve discrepância entre os resultados da simulação e os valores teóricos, sendo estes porém pequenos.

O desempenho dos três testes foi comparado através de simulações com ruído branco Gaussiano com trem de pulsos aditivo. Os resultados obtidos demonstraram claramente que a CSM e a MSC são mais eficazes na identificação de pulsos aditivos que o SFT.

Aplicação das técnicas ao EEG

Os testes MSC, CSM e SFT foram aplicados a sinais de EEG de 4 adultos normais com idades entre 20 e 25 anos, submetidos a FER nas frequências de 7 e 11 Hz. Os sinais foram obtidos das derivações O1 ou O2 (referência lóbulos auriculares ipsilaterais). Para cada frequência, foi adquirido um trecho de aproximadamente 1 minuto sem estimulação, imediatamente seguido de 1 minuto com estimulação. Os sinais de EEG foram filtrados (passa-baixas em 35 Hz) e amostrados a 128 Hz. De cada sinal (antes e durante estimulação) foram utilizados 50 segundos, divididos em 5 trechos de 10 segundos. Assim, foram analisados 20 trechos (5 para cada caso) em cada frequência. Os três testes foram aplicados utilizando a DFT com janelas retangulares de 128 pontos.

Um exemplo do resultado do teste MSC para um trecho de 10 segundos do EEG e estimulação a 7 Hz é mostrado na figura 1, a qual indica ocorrência de recrutamento na frequência de estimulação e harmônicos, porque a MSC encontra-se acima do valor crítico ($p < 5\%$, $MSC > 0,2995$). A figura 2 mostra o desempenho deste teste para 20 trechos e estimulação em 7 e 11 Hz.

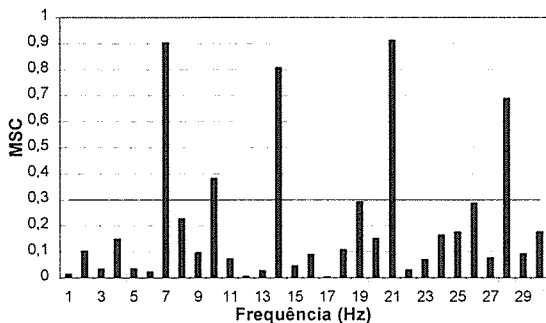


Figura 1 - Teste MSC com fotoestimulação em 7Hz (10 segundos no caso CAA). O valor crítico é de 0,2995.

Nas frequências fundamentais e nos harmônicos, a detecção de recrutamento foi equivalente, como pode-se observar na figura 2 com a MSC. Tanto MSC quanto CSM evidenciam o recrutamento à fotoestimulação nas frequências aqui utilizadas, apresentando resultados muito parecidos, porém melhores que os do SFT. Este último indica recrutamento com eficiência equivalente ao dos dois outros testes, porém com maior número de falsos positivos (F acima do valor crítico em frequências não relacionadas com a estimulação).

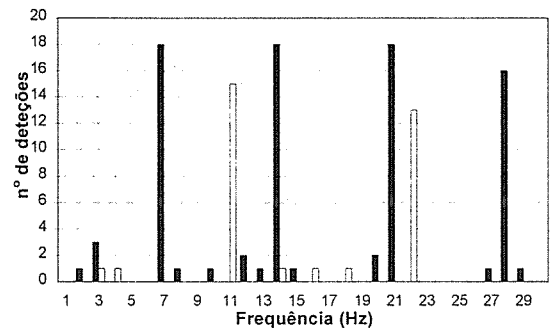


Figura 2 - Número de trechos (total de 20) cujo recrutamento foi identificado pela MSC para estimulação em 7 Hz (barras escuras) e 11 Hz (barras claras).

Conclusão

Os resultados indicam a capacidade dos testes em identificar o foto-recrutamento em trechos de 10 segundos. Os testes baseados em fase se mostraram mais eficientes, tanto na simulação quanto nos sinais EEG, confirmando a importância da fase na análise de potenciais evocados. Em conclusão, estas técnicas se mostraram promissoras na identificação objetiva de respostas à fotoestimulação repetitiva.

Referências

- COELHO, F.C. 1995; "Análise de Sinais EEG com Fotoestimulação Utilizando Metodologias de Análise Espectral"; *M.Sc. Thesis*, Programa de Engenharia Biomédica, COPPE, UFRJ.
- AOYAGI, M.; FUSE, T.; SUZUKI, T.; KIM, Y.; KOIKE, Y. 1993; "An Application of Phase Spectral Analysis to Amplitude-Modulation Following Response"; *Acta Otolaryngol* (Stockh); v. 504, p 82-88.
- VICTOR, J.D.; MAST, J. 1991; "A new statistic for steady-state evoked potentials"; *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, v. 78, p. 378-388.

Agradecimentos

Ao CNPq e CAPES pelo apoio financeiro e ao Instituto Fernandes Figueira pelos sinais utilizados.