

REDUÇÃO DA POTÊNCIA DA BANDA BETA DO EEG AO LONGO DO TEMPO DE IMAGINAÇÃO DE UM GESTO ESPORTIVO

M. V. Stecklow*, M. Cagy* e A. F. C. Infantsi*

*Programa de Engenharia Biomédica/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil
marcus.stecklow@gmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho foi verificar o comportamento da banda beta do EEG durante imagética motora (IM) nas modalidades cinestésica (IMC) e visual (IMV). A casuística foi composta de 15 atletas de voleibol, destros, com capacidade de realizar IM verificada pelo *Revised Movement Imagery Questionnaire*. Após assistirem a um vídeo que exemplificava o movimento de ataque do voleibol, foi adquirido o EEG (sistema 10 – 20) em dois blocos (um em IMC e outro em IMV). As tarefas imaginadas em cada bloco consistiram em 30 seqüências de IM do movimento de ataque de entrada de rede, intercaladas aleatoriamente com 20 da IM de bater palmas, sendo ambas precedidas de um período de preparação de 2 s indicado por *trigger* sonoro. Os sinais na derivação Cz foram filtrados com um passa-faixas de 13 – 30 Hz, e a potência na banda beta estimada em intervalos de 1 s a partir início do período de preparação até 5 s após o início da IM. O teste de *Friedman* ($\alpha = 5\%$) indicou haver diferenças significativas na estimativa da potência na banda beta ao longo do tempo. O teste *post hoc* de *Mann-Whitney U* indicou que houve redução da potência na banda beta ao longo do tempo, tanto em IMC quanto em IMV. Sendo assim, é possível concluir que a IM de um gesto desportivo resulta em redução da banda beta ao longo da imaginação.

Palavras-chave: imagética motora, EEG, voleibol, banda beta.

Abstract: *This study aimed at assessing changes in the beta band of EEG during kinesthetic (KMI) and visual (VMI) motor imagery (MI). The casuistry was composed of 15 volleyball athletes, right handed, with MI ability checked with the Revised Movement Imagery Questionnaire. After watching a video showing the volleyball attack, the EEG in 10 – 20 system was acquired in 2 different blocks (KMI and VMI), each one with 30 trials of volleyball spike, randomly interlaced with 20 trials of hand clap, both preceded of 2 s preparation time indicated by sound triggers. The Cz-derivation signals were band pass filtered (13 – 30 Hz), and the beta band energy estimated in 1 s intervals along trials, from preparation time to 5 s of MI. The Friedman test ($\alpha = 5\%$) indicated significant differences in beta band power estimative along time. The post-hoc Mann-Whitney U test indicated power decrease in beta band along time both in KMI and VMI. We conclude that MI of sports task results in decrease of beta activity along time.*

Keywords: motor imagery, EEG, volleyball, beta band.

Introdução

A imagética motora (IM) consiste na simulação mental de um ato motor voluntário, sem que haja sua execução física, e tem sido empregada para a aquisição e aperfeiçoamento de gestos desportivos [1,2]. Existem diferentes maneiras de executar a IM, como visual (IMV) e cinestésica (IMC). Na primeira, IMV, o sujeito procura criar mentalmente a execução do movimento, estando como um espectador do seu próprio ato, enquanto que a segunda, IMC, consiste na percepção de movimento dos segmentos corporais, eliciando sensações cinestésicas. A literatura tem apontado que a IMC promove maior modulação do Sistema Nervoso Central [3,4], especialmente em áreas motoras [4] do que a IMV.

O eletroencefalograma (EEG) é o registro dos sinais elétricos adquiridos sobre o escalpo por meio de eletrodos de superfície, com elevada resolução temporal e baixo custo, e tem sido empregado para análise funcional do córtex, tanto durante execução real de tarefas motoras, quanto durante IM [5,6]. Funcionalmente, o EEG tem sido analisado no domínio da frequência por meio de bandas de frequências definidas como ondas recorrentes e com formato e duração similares [7], entre as quais a banda beta, que compreende frequências entre 13 e 30 Hz e está relacionada a diversas funções cognitivas, e fontes de origem [8-9].

Alguns estudos apontam que a banda beta apresenta um sincronismo momentos após a execução de movimentos voluntários e IM, também conhecido como “beta rebound” (BR), o qual pode ser observado com maior magnitude no córtex motor [8-12], especialmente em Cz, e estaria relacionado com uma espécie de *reset* do córtex motor após a execução de uma tarefa [9].

Embora a banda beta já tenha sido estudada durante diversos protocolos que utilizaram a IM em diferentes paradigmas, como no controle de interfaces cérebro-máquina [8], estimulação sensorial periférica [10], tarefas de precisão [11], e IM de tarefas motoras simples [9], a modulação dessa banda do EEG durante a IM de um gesto desportivo ainda carece de mais estudos.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é analisar a potência da banda beta do EEG em áreas centrais do córtex durante imagética motora (cinestésica e visual), comparando o período de preparação com o período de

imaginação.

Materiais e métodos

Participaram deste estudo 15 atletas de voleibol, todos do sexo masculino, destros, com idades entre 18 e 40 anos. Como critério de inclusão para os atletas, deveriam ter registro em federação estadual como atleta de voleibol, e ter participado em competições oficiais pelo menos nos últimos dois anos. Todos os participantes assinaram um termo de livre consentimento e informaram desconhecimento de quaisquer problemas neurológicos. Este estudo foi aprovado por comitê de ética em pesquisa nº 113/05.

O *Revised Movement Imagery Questionnaire* [13] foi aplicado para mensurar a capacidade de realização da IM cinestésica e visual, e todos os praticantes aptos apresentaram escore maior do que 14 em ambas as escalas de *Likert* para a avaliação da nitidez de imagens mentais, cujo valor máximo é 28.

Para que todos os indivíduos soubessem com clareza a tarefa a ser imaginada, um vídeo de 5 min foi apresentado a todos os sujeitos, contendo seqüências de execução do movimento de ataque de voleibol de quadra, a partir da posição de entrada de rede (posição 4) em direção ao corredor (posição 1) da quadra adversária.

Com sala em luz de penumbra, foi coletado o EEG de acordo com o Sistema Internacional 10-20 com referência comum bi-auricular usando um eletroencefalógrafo (EMSA® mod. BNT-36), com taxa de amostragem de 240 Hz, fitro *anti-aliasing* de 100 Hz, passa altas de 0,1 Hz e um fitro *notch* de 60 Hz.

O protocolo de aquisição constou de dois blocos de IM, sendo o primeiro em modalidade cinestésica e o segundo em visual. Ambos os blocos foram formados por 30 seqüências de IM do movimento de ataque de voleibol, intercalados aleatoriamente com 20 execuções do movimento de bater palmas (tarefa distratora). O aviso de execução foi composto de um *trigger* sonoro (S2), com tonalidades distintas que indicavam a tarefa a ser imaginada (alvo ou distratora). Para definir um período de preparação, outro *trigger* sonoro (S1) foi apresentado 2 s antes de S2, conforme indicado na Figura 1. Durante a aquisição, os indivíduos permaneceram com os olhos fechados. Neste estudo, foram analisados apenas os sinais referentes à derivação Cz, uma vez que a literatura aponta ser a região cortical com maior modulação da banda beta durante execução e imaginação de tarefas motoras.

O primeiro trecho de todos os voluntários foi descartado para eliminar possível falha inicial de adaptação e dificuldade no engajamento com a tarefa, sendo utilizados então 29 trechos de 7 s de EEG contendo os 2 s do período de preparação e 5 s de sinal durante IM. A seguir, os sinais foram submetidos a um fitro passa-faixa do tipo *Butterworth* de 2ª ordem com freqüências de corte inferior e superior em 13 e 30 Hz respectivamente, a fim de se obterem apenas as freqüências referentes à banda beta. Foi calculada a

densidade espectral de potência (DEP) de cada trecho por meio da transformada discreta de Fourier, com janela retangular em sete épocas de 1 s de duração, sendo duas no período de preparação e as demais durante a imaginação. A seguir, foi realizada a promediação das DEP para todos os trechos de imagética das respectivas épocas, e calculada a potência na banda beta pelo método de integração trapezoidal.

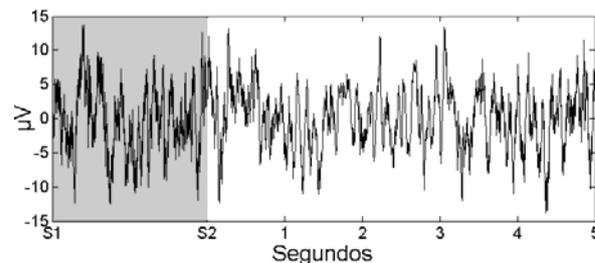


Figura 1: Trecho de EEG do atleta #1 contendo o sinal durante o período de preparação (entre S1 e S2) e durante IM cinestésica em Cz.

Para testar a hipótese de diferenças na potência da banda beta ao longo de cada trecho para cada modalidade de IM, foi utilizado o teste não-paramétrico de *Friedman*, com nível de significância de 5%. Como teste *post hoc*, foi utilizado o teste *Mann-Whitney U* com significância de 5%. Todas as análises foram realizadas em ambiente MATLAB® 8.1. O mesmo teste foi aplicado para comparação entre diferentes períodos (preparação e durante a imagética) e entre as diferentes modalidades de imagética.

Resultados

A Figura 2 apresenta os valores de média e variância da potência do EEG em Cz a cada segundo de aquisição, dos 15 atletas durante IMC e IMV. É possível observar que, após o período de preparação e no início da imaginação, os valores médios são maiores em IMV. A partir de 2 s, ocorre uma redução na potência da banda beta em ambas as modalidades de IM, indicando dessincronismo desta banda ao longo dos trechos de EEG.

Na análise intra-modalidades, o teste não-paramétrico de *Friedman* indicou que houve diferenças significativas entre as estimativas de potência para os diferentes momentos de IM, tanto na modalidade cinestésica ($p < 0,01$) quanto na visual ($p < 0,001$). O teste *post hoc* de *Mann-Whitney U* apontou que houve diferenças significativas nas estimativas de DEP entre as épocas de preparação e de início da imagética. A Tabela 1 indica que houve aumento significativo na potência de beta entre o período após o *trigger* de preparação (S1) e o início do período de imaginação (1). A seguir, ocorreu uma redução significativa da potência na banda beta ao longo do período de imagética, tanto para IMC quanto para IMV. Na análise das estimativas entre IMC e IMV a cada época, não foi encontrada diferença significativa para qualquer das comparações.

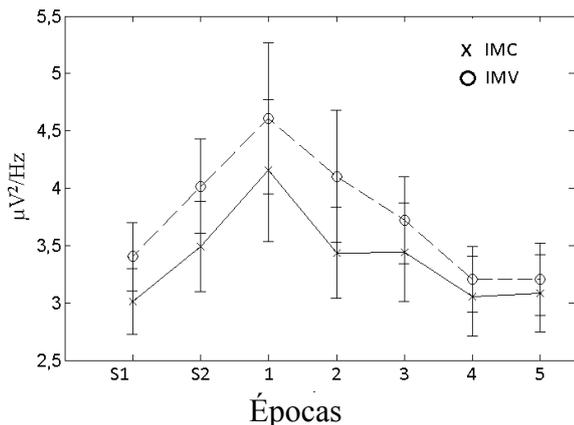


Figura 2: Média e desvio padrão dos 15 atletas para as estimativas de potência ao longo do tempo (em janelas de 1 s). A linha contínua interliga os valores para imagética motora cinestésica, enquanto a linha tracejada os valores para imagética motora visual.

Tabela 1: Resultados dos testes *post hoc*, indicando as comparações as quais houve diferenças significativas para IMC e IMV.

Modalidade	Épocas	Efeito
IMC	S1 – 1, 1 – 4, 1 – 5	Redução de beta
IMV	S1 – 1, S2 – 1, S2 – 2, S2 – 4, S2 – 5	Redução de beta

Discussão

A IM é uma forma de simular mentalmente a execução de um gesto motor. Esta simulação está relacionada com o planejamento, o qual depende do conhecimento prévio da tarefa a ser imaginada. Neste estudo, foram utilizados blocos que continham seqüências de IMC e IMV do ataque de voleibol, que resultaram na redução da energia da banda beta do período de preparação até 5 s após o início da imaginação. A redução da energia da banda beta durante IM também foi descrita por outros autores [9 – 12]. Entretanto, nenhum deles utilizou uma tarefa distratora para evitar a antecipação da realização da IM como neste trabalho. Com isso, não se pode precisar se os sujeitos começaram a realização da IM antes do *trigger*.

Por outro lado, alguns estudos, entre os quais o de Pfurtscheller *et al.* [9], apontam para o aumento na estimativa de potência da banda beta, efeito conhecido como *beta rebound*, momentos após a execução real de movimentos, contrariamente ao obtido no presente estudo, tanto em IMC quanto em IMV. Uma vez que o tempo de intervalo entre as seqüências de IM deste estudo foi de apenas 2 s (tempo entre o fim do período de imaginação e o *trigger* de início de preparação para a próxima seqüência), pode ter ocorrido uma limitação de tempo no protocolo capaz de ter suprimido tal resposta,

uma vez a complexidade da tarefa motora imaginada é diretamente proporcional ao tempo utilizado para sua execução. Tal achado é relevante para evitar que sujeitos submetidos a sessões de treinamento mental entrem em fadiga por não terem um tempo de recuperação suficiente entre os estímulos.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que a realização de imagética motora cinestésica e visual promove, em ambas as modalidades, a redução da potência na banda beta em áreas centrais do córtex de atletas ao longo da imaginação de tarefas desportivas correlatas ao esporte praticado. Mais estudos são necessários para confirmar tais achados.

Agradecimentos

Ao Cnpq e à CAPES pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] Munroe-Chandler KJ, Hall CR, Fishburne GJ, Murphy L, Hall ND. Effects of a cognitive specific imagery intervention on the soccer skill performance of young athletes: Age group comparisons. *Psychology of Sport and Exercise*. 2012; 13: 324-331.
- [2] Ramos DC. Os efeitos do treinamento mental na aprendizagem/aperfeiçoamento do lado não dominante nos fundamentos do futebol de campo. [Monografia]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2012.
- [3] Stecklow MV, Infantosi AFC, Cagy, M. Alterações na banda alfa do eletrencefalograma durante imagética motora visual e cinestésica. *Arquivos de Neuropsiquiatria*. 2007; 65: 1084-1088.
- [4] Stecklow MV, Infantosi AFC, Cagy, M. EEG changes during sequences of visual and kinesthetic motor imagery. *Arquivos de Neuropsiquiatria*. 2010; 68: 556-561.
- [5] Solodkin A, Hlustik P, Chen EE, Small SL. Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery. *Cerebral Cortex*. 2004;14:1246-1255.
- [6] McFarland DJ, Miner LA, Vaughan TM, Wolpaw JR. Mu and beta rhythm topographies during motor imagery and actual movements. *Brain Topography*. 2000; 12: 177-186.
- [7] Niedermeyer E, da Silva FH, *Electroencephalography, Basic Principles, Clinical Applications and Related Fields*. 5ª ed. New York. Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
- [8] Neuper C, Scherer R, Wriessnegger S, Pfurtscheller G. Motor imagery and action observation: Modulation of sensorimotor brain rhythms during mental control of a brain-computer interface. *Clinical Neurophysiology*. 2009; 120: 239-247.
- [9] Pfurtscheller G, Neuper C, Brunner C, Lopes da

- Silva F. Beta rebound after different types of motor imagery in man. *Neuroscience Letters*. 2005; 378:156-159.
- [10] Keinrath C, Wriessnegger S, Müller-Putz GR, Pfurtscheller G. Post-movement beta synchronization after kinesthetic illusion, active and passive movements. *International Journal of Psychophysiology*. 2006; 62: 321-327.
- [11] Zaepfel M, Trachel R, Kilavik BE, Brochier T. Modulations of EEG beta power during planning and execution of grasping movement. *Plos One*. 2013; 8: 1-10.
- [12] Tzagarakis C, Ince NF, Leuthold AC, Pellizzer G. Beta-band activity during motor planning reflects response uncertainty. *The Journal of Neuroscience*, 2010; 30: 11270-11277.
- [13] Hall CR, Martin KA. Measuring movement imagery abilities: A revision of movement imagery questionnaire. *Journal of Mental Imagery*, 1997; 21: 143-154.