

DOMINÂNCIA CORTICAL NO POTENCIAL PRÉ-MOTOR EM TAREFA VOLUNTÁRIA BILATERAL

T. C. Ribeiro, P. J. G. Da_Silva, M. Cagy e A. F. C. Infantosi

Programa de Engenharia Biomédica/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil
 thaiscr@peb.ufrj.br; guima@peb.ufrj.br; mcagy@peb.ufrj.br; afci@peb.ufrj.br

Resumo: A dominância cortical no potencial pré-motor (BP) de 28 sujeitos saudáveis (16 destros) foi investigada durante a tarefa voluntária de levantar-se de uma cadeira com pés sobre uma plataforma de força. Para tal, estimou-se a média coerente de trechos de sinais EEG das derivações centrais (C3, Cz e C4) sincronizados com base na indicação de transferência de 50% da massa corporal para a plataforma de força. Para os componentes inicial (BP_I) e tardio de (BP_T) de BP, o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney ($p \leq 0,02$) indicou haver maior coeficiente de correlação para a derivação C3 de destros e C4 de canhotos. Por outro lado, não foi observada diferença ($p > 0,05$) entre a derivação dominante de destros (C3) e canhotos (C4), nem entre o pico do potencial de monitoramento do movimento PMM destes. Assim, o teste de Wilcoxon pareado evidenciou diferença significativa ($p \ll 0,001$) de BP_I e BP_T entre o grupo dominante e o não-dominante. Além disso, o máximo de PMM do grupo dominante não diferiu ($p = 0,65$) daquele do não-dominante. Os componentes de BP evidenciaram a lateralidade dos sujeitos destros e canhotos bem como uma ação motora cortical coordenada demonstrando, portanto, indicando a influência da dominância cortical no planejamento motor de tarefa voluntária bilateral.

Palavras-chave: Dominância Cortical, EEG, Potencial Pré-Motor, Tarefa Voluntária Bilateral.

Abstract: *The cortical dominance and the pre-motor potential (BP) of 28 healthy subjects (16 right-handed) were investigated during a self-paced sit-to-stand task with feet on a force platform. It has been estimated by coherent averaging of EEG signals epochs of central derivations (C3, Cz and C4) synchronized by a trigger that indicates the transfer of 50% of body mass for the force platform. For the earlier BP component (BP_I) and the late (BP_T), the Wilcoxon-Mann-Whitney test ($p \leq 0.02$) resulted greater correlation coefficient for C3 of the right-handed and for C4 of left-handed. On the other hand, no difference was observed ($p > 0.05$) between the dominant derivation of right-handed (C3) and left-handed (C4), nor between the peak of movement-monitoring potential (PMM). Thus, the Wilcoxon sign-rank test showed significant difference ($p \ll 0.001$) for both BP_I and BP_T between the dominant group and the non-dominant. In addition, the maximum of PMM of dominant group did not differ ($p = 0.65$) from that of the non-dominant. The BP components showed the laterality of right-handed and*

left-handed subjects as well as a motor cortical coordinated action and hence indicating the influence of cortical motor planning dominance of bilateral self-paced task.

Keywords: Cortical Dominance, EEG, Pre-motor Potential, Self-paced Bilateral Task

Introdução

A influência da dominância cortical no *Bereitschaftspotential* (BP), ou potencial pré-motor, tem sido investigada em tarefas voluntárias unilaterais [1-5]. Em geral, tarefa realizada com o membro não-dominante resulta em BP com início precoce e maior amplitude no córtex motor correspondente, quando comparada a tarefa realizada com o membro dominante [1-3]. Para tarefas bilaterais, a influência desta lateralidade na geração do BP ainda é pouco investigada.

Usualmente, o BP tem sido estimado aplicando-se a técnica de média coerente de trechos de sinal eletroencefalográfico (EEG) sincronizados com base em técnicas de detecção do limiar da atividade eletromiográfica (EMG) [1-7]. Por outro lado, o BP para tarefas voluntárias que envolvam transição de postura e recuperação de equilíbrio, como o levantar-se de uma cadeira, deve ser estimado utilizando-se também sinais de estabilometria [6], o qual se baseia em um limiar fixo de transferência de massa corporal para a plataforma de força.

O presente estudo visou investigar a influência da dominância cortical no potencial pré-motor durante a tarefa voluntária de levantar-se de uma cadeira. Para a estimativa da média coerente, trechos de sinais EEG foram sincronizados com base na transferência da massa corporal sobre uma plataforma de força.

Materiais e métodos

Deste estudo participaram 28 indivíduos, 16 destros (4 do gênero feminino) e 12 canhotos (6 do gênero feminino), com idade entre 22 e 41 anos, massa entre 53 e 120 kg, estatura entre 1,55 e 1,89 m. O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do IESC/UFRJ (Parecer: 100/2011).

A tarefa consistiu em levantar-se voluntariamente de uma cadeira, permanecendo na posição ortostática sobre a plataforma de força, e, então, retornar à posição sentada após estabilização da postura. Um aviso sonoro indicava que o sujeito estaria apto a iniciar a tarefa

quando desejasse. Um total de 80 tarefas (ciclos) “levantar-sentar”, igualmente distribuídas em cinco blocos (16 tarefas), foi utilizado nesse estudo.

Durante a tarefa, sinais EEG (derivações C3, Cz e C4) foram adquiridos simultaneamente aos sinais de estabilometria e EMG dos músculos tibial anterior direito (TAD) e esquerdo (TAE), amostrados a 600 Hz. Após filtragem (Butterworth passa-baixas de 2ª ordem em 5 Hz, sentido direto e reverso), estimou-se a média coerente dos M trechos de sinais EEG correspondentes às tarefas (considerados livres de artefatos, variando de 43 a 52). Para tal, estes trechos foram sincronizados utilizando-se o sinal de *trigger* que indica a transferência de 50% da massa corporal sobre a plataforma de força (procedimento denominado PLT). O padrão BP foi deslocado temporalmente tomando-se como referência o início da atividade eletromiográfica ($t = 0$), conforme sugerido por Ribeiro *et al.* [6].

A regressão linear foi calculada para dois componentes de BP: *i*) inicial, BP_I: entre -2250 e -250 ms; *ii*) tardio, o qual se sobrepõe ao potencial de

monitoramento do movimento (PMM), conformando o padrão BPT+PMM: entre -250 ms e o instante no qual ocorre a máxima amplitude de PMM. Com base no coeficiente angular β da reta de regressão, estimou-se o coeficiente de correlação (r) para cada componente. Assim, para investigar possíveis diferenças estatísticas referentes à dominância cortical, foram utilizados três parâmetros: *i*) os valores de r do componente BP_I; *ii*) valores de r de BP_T; e *iii*) valores de pico do PMM. Para tal, foi aplicado o teste de Wilcoxon Pareado ($\alpha = 0,05$). Na análise entre destros e canhotos, os mesmos parâmetros foram utilizados, porém aplicando-se o Teste de Wilcoxon-Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$).

A figura 1a ilustra para o voluntário # 1 (destro), a média coerente do EEG espontâneo ($M = 46$) das derivações C3, Cz e C4, as quais oscilam em torno do valor nulo (r próximos de zero). Por outro lado, durante a tarefa (Figura 1b), pode-se observar o BP_I, potencial cortical lento, cuja reta de regressão apresenta inclinação menos acentuada, r de cerca de 0,40. Para BP_T+PMM, potencial cortical mais acentuado, $r = 0,96$.

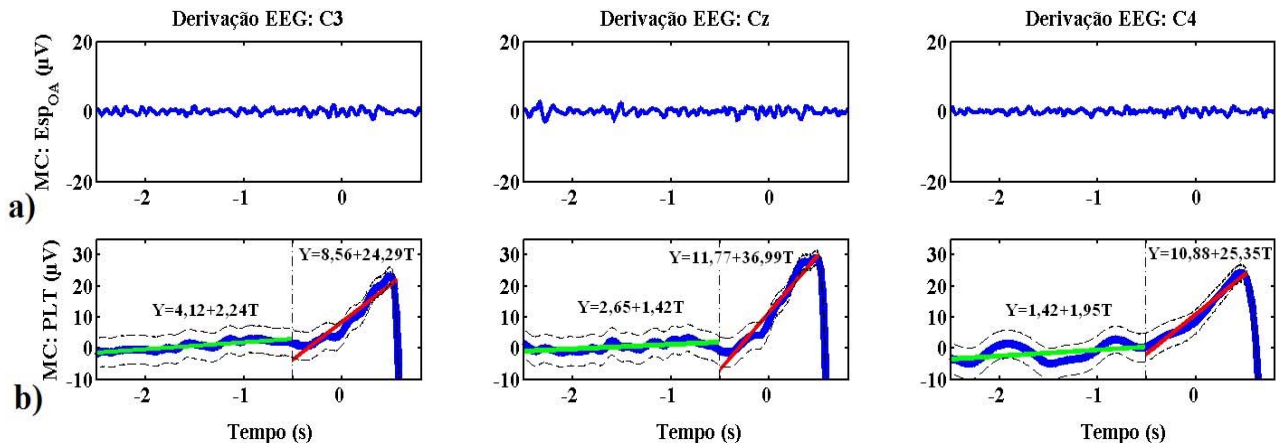


Figura 1: Média coerente (a) do EEG espontâneo (Esp_{OA}) e (b) durante a tarefa, desvio-padrão (tracejado em preto) para as derivações C3, Cz e C4 do voluntário # 1 (destro). As retas de regressão estão representadas em verde e vermelho para o BP_I e BP_T+PMM, respectivamente. A linha tracejada vertical delimita BP_I de BP_T+PMM.

Resultados

A Figura 2 ilustra a distribuição dos valores de r para os componentes BP_I e BP_T, bem como o valor de pico de PMM (μV). Na comparação entre destros e canhotos, a mediana de r do BP_I e BP_T da derivação C3 dos destros (dominante, $n = 16$) difere significativamente ($p \leq 0,02$) daquela dos canhotos (não-dominante, $n = 12$). Ao contrário, para a derivação C4, a mediana de r das duas componentes do BP é maior para os canhotos ($p \ll 0,001$) e, portanto, maior correlação para a área motora dominante. Por outro lado, tanto para BP_I ($p = 0,40$) quanto BP_T ($p = 0,51$), não foi observada diferença entre a derivação dominante dos destros (C3) e a dos canhotos (C4), indicados pelos traçados em cinza na Figura 2. Além disso, não há diferença ($p = 0,05$) entre os picos do PMM entre estas

derivações dominantes. No caso da derivação Cz, não há diferença entre os grupos, exceto para PMM ($p = 0,03$), a qual é maior para os canhotos.

Com base na dominância cortical, foram formados dois grupos pareados ($n = 28$): dominante e não-dominante. O primeiro foi composto pelos valores de r dos componentes do BP, ou os valores de pico do PMM, das derivações dominantes (C3 dos destros e C4 dos canhotos), enquanto o segundo pelos mesmos da derivação não-dominante (C4 dos destros e C3 dos canhotos). O teste de Wilcoxon pareado evidenciou diferença significativa para a mediana de r de BP_I e BP_T entre o grupo dominante e o não-dominante ($p \ll 0,001$, Figura 3), sempre com maior correlação para o dominante. Por outro lado, o pico máximo de PMM do grupo dominante não diferiu ($p = 0,65$) daquele do não-dominante.

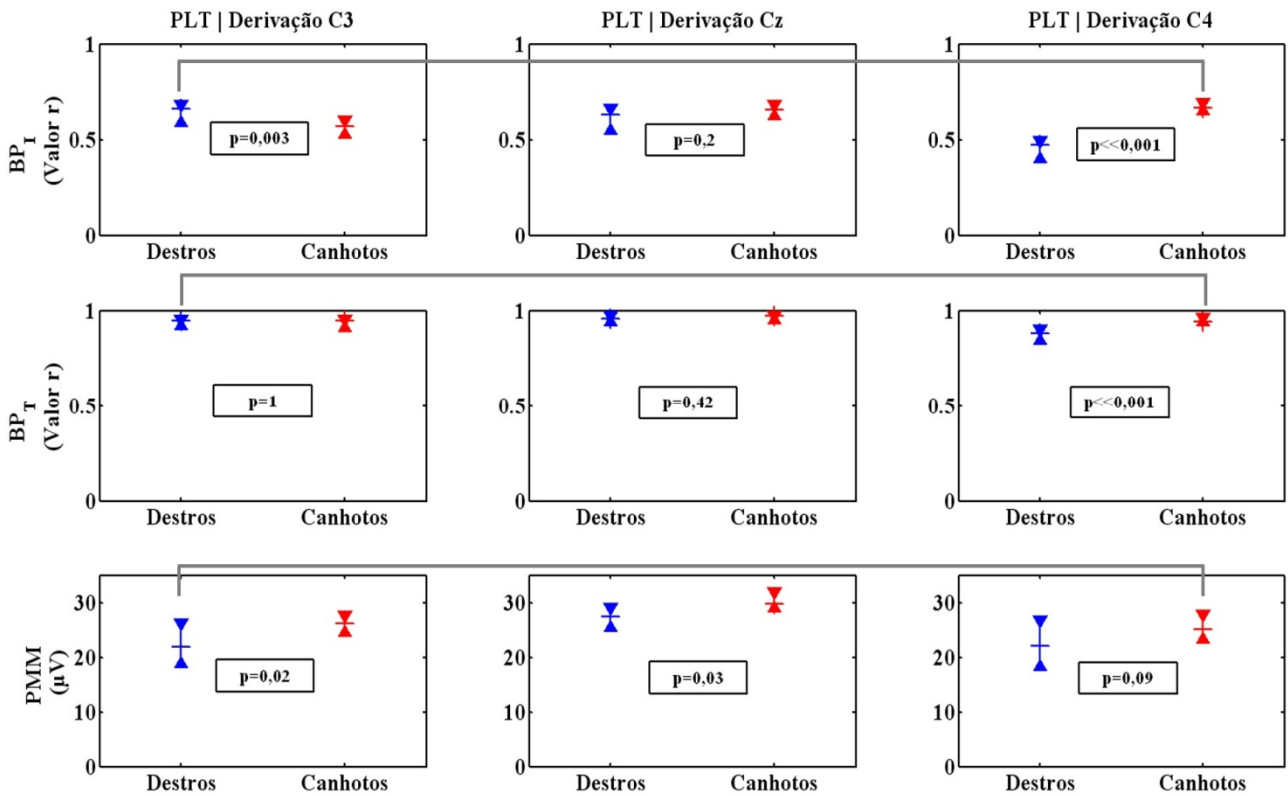


Figura 2: Distribuição (*box-plot*) dos valores de r para os componentes BP_I , BP_T e do pico de PMM (μV) de BP das derivações C3, Cz e C4 dos voluntários destros (azul) e canhotos (vermelho). Em destaque o valor-p para o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney entre destros e canhotos. As linhas cinza indicam a comparação entre a derivação dominante de destros (C3) e canhotos (C4).

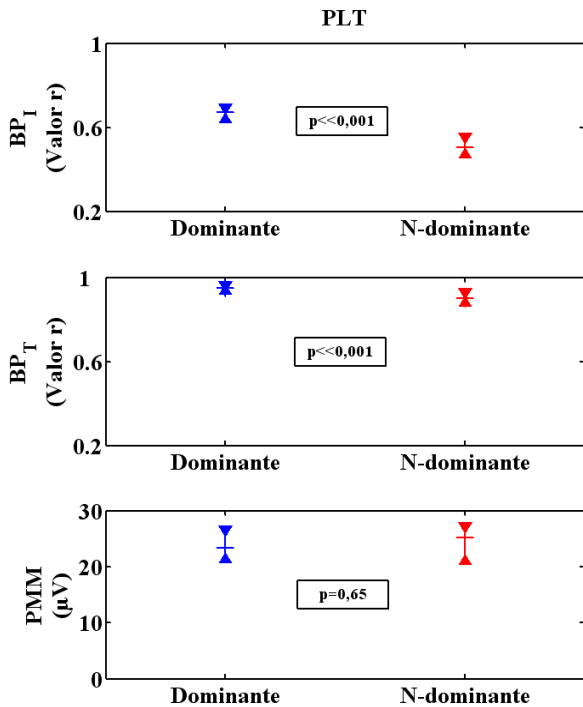


Figura 3: Distribuição (*box-plot*) dos valores de r para os componentes BP_I , BP_T e do pico de PMM (μV) de BP das derivações dominante (azul) e não-dominante (vermelho). Em destaque, o valor-p do teste de Wilcoxon pareado.

Discussão

O BP resultante da tarefa de se levantar da cadeira apresentou os componentes inicial (BP_I) e tardio (BP_T), bem como o potencial de monitoramento do movimento (PMM). Tal morfologia é similar às descritas por [1-5], embora estes autores tenham investigado apenas movimentos unilaterais. Além disso, utilizou-se da informação da plataforma de força na sincronização dos sinais EEG, tomando-se como referência temporal a atividade eletromiográfica, conforme sugerido por Ribeiro *et al.* [6].

Independente da lateralidade do voluntário, os maiores valores de correlação r para os componentes BP_I e BP_T +PMM ocorreram para a área motora contralateral ao membro dominante, i.e., C3 para destros e C4 para canhotos. Tal achado difere daqueles reportados por Dirnberger *et al.* [1] e Brunia *et al.* [4,5]. Os primeiros investigaram o movimento de pressionar um botão com o dedo indicador de voluntários destros e canhotos. Por sua vez, Brunia *et al.* [4,5], além de movimentos dos dedos, também investigaram o movimento de flexão plantar do tornozelo. Tanto [1] quanto [4,5], embora não tenham estimado r , observaram BP com maior amplitude no córtex motor não-dominante. No caso de destros, os voluntários possuíam menor destreza e treinamento para executar a tarefa com membro esquerdo e, portanto, tarefa unilateral executada com este membro implicaria maior

potencial cortical precoce para o planejamento deste movimento, aumentando a amplitude do BP quando comparado com o do membro direito. No caso de canhotos, ocorria o oposto. Entretanto, segundo Shibasaki e Hallett [3], esta ipsilateralidade cortical não ocorre em movimentos bilaterais.

Para os valores de r de BP_L e BP_R , bem como para os picos de PMM, não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre a derivação dominante de destros (C3) e canhotos (C4). Assim, com base na dominância cortical, considerou-se agrupar os respectivos parâmetros. Tal aspecto evidenciou as diferenças para os componentes de BP, indicando a influência da lateralidade, em particular para BP_R . Segundo Shibasaki e Hallett [3], esta componente está relacionada à complexidade e a precisão em realizar a tarefa.

O pico máximo de PMM do grupo dominante não diferiu daquele do não-dominante. Este achado difere dos relatados por Yoshida *et al.* [2] e Shibasaki e Hallett [3] para tarefas unilaterais, as quais apresentam maiores picos para o hemisfério cortical contralateral ao movimento. Uma possível interpretação para este resultado é a tarefa ser bilateral, a qual requer uma ação motora coordenada e sincronizada dos membros inferiores, implicando potencial simultâneo de monitoramento de movimento em ambos os hemisférios cerebrais.

O padrão de BP, em especial a componente BP_R +PMM reflete a dominância cortical [3-5], ocorrendo, de modo espelhado, independentemente do voluntário ser destro ou canhoto. Este componente de BP pode ser utilizado em procedimentos de reabilitação neuromotora, bem como em atividades de treinamento e aprendizagem motora, similarmente ao sugerido por [1-3,7] para o padrão BP como um todo. Segundo Niazi *et al* [7], a geração do BP induziria a plasticidade neural de áreas corticais específicas. Além disso, o BP tem sido utilizado na investigação da intenção em realizar uma tarefa e, portanto, com potencialidade de aplicação em interface cérebro-máquina.

Conclusão

Os componentes de BP para a tarefa voluntária de levantar-se de uma cadeira evidenciaram a lateralidade dos sujeitos destros e canhotos da casuística em estudo. O potencial de monitoramento do movimento (PMM)

sugeriu haver uma ação motora coordenada de ambos os hemisférios cerebrais. Tais achados refletiriam a influência da dominância cortical no planejamento motor de tarefa voluntária bilateral.

Agradecimentos

Às agências de fomento CAPES, CNPq e FAPERJ pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] Dimberger G, Duregger C, Lindinger G *et al.* On the regularity of preparatory activity preceding movements with the dominant and non-dominant hand: A readiness potential study. *International Journal of Psychophysiology*. 2011; 81(2):127-131.
- [2] Yoshida S, Nakazawa K, Shimizu E, Shimoyama I. Anticipatory postural adjustment modify the movement-related potential of upper extremity voluntary movement. *Gait and Posture*. 2008; 27:97-102.
- [3] Shibasaki H., Hallett M. What is Bereitschaftspotential?. *Clinical Neurophysiology*. 2006; 117:2341-2356.
- [4] Brunia CH, Van Den Bosch WE. Movement-related slow potentials. I. A contrast between finger and foot movements in right-handed subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1984; 57(6):515-527.
- [5] Brunia CH, Voorn FJ, Berger MP. Movement related slow potentials. II. A contrast between finger and foot movements in left-handed subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1985; 60(2):135-145.
- [6] Ribeiro TC, Da_Silva PJG, Cagy M, Infantosi AFC. Determinação do Potencial Pré-Motor Cortical Utilizando a Plataforma de Força e o Sinal EMG. In: *Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica*; 1-5 Out; Porto de Galinhas, Brasil. 2012. p. 1933-7.
- [7] Niazi IK, Jiang N, Tiberghien O, Nielsen JF, Dremstrup K, Farina D. Detection of movement intention from single-trial movement-related cortical potentials. *Journal of Neural Engineering*. 2011; 8:1-11.