

# Efeito da estratégia de simulação mental sobre o controle postural

## Mental stimulation strategy affects postural control

Erika Carvalho Rodrigues<sup>b</sup>, Luís Aureliano Imbiriba<sup>a</sup>, Gabriela Rego Leite<sup>b</sup>, José Magalhães<sup>a</sup>, Eliane Volchan<sup>b</sup> e Cláudia D Vargas<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratório de Biomecânica, Escola de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>b</sup>Laboratório de Neurobiologia II, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, Brasil

**Resumo** A construção e manipulação espacial de imagens corporais têm origem basicamente visual e somato-motora. No entanto, a contribuição relativa de cada modalidade sensorial nos processos de simulação mental pode variar. Sirigu e Duhamel (2001) propuseram que a estratégia utilizada durante a simulação mental de movimentos produziria a ativação de circuitos neurais distintos. Neste estudo, investigamos o efeito da estratégia adotada na simulação mental de uma tarefa motora que envolve ajustes posturais utilizando as técnicas de cronometria mental e de estabilometria. Os voluntários, posicionados sobre uma plataforma de força vertical com os pés unidos e os olhos fechados, foram solicitados a realizar as seguintes tarefas: a) manter a postura ereta normal durante 20 segundos; b) contar mentalmente de um a 15; c) imaginar-se realizando o movimento de flexão plantar bilateral 15 vezes e d) executar o mesmo movimento por 15 vezes. Ao final do teste, relataram qual a estratégia utilizada para a realização da simulação mental. Com base no relato verbal foram então distinguidos em dois grupos: visuais e somato-motores. A análise da cronometria mental mostrou que o tempo utilizado para simular mentalmente os movimentos de flexão plantar não foi diferente daquele gasto durante a sua execução. Diferiu, porém, da condição contar para ambos os grupos. Para a análise estabilométrica, calculou-se um índice de simulação mental (ISM). Dos valores obtidos durante o imaginar, foram subtraídos os valores da condição contar, dividindo-se então a resultante pela soma dos dois. O grupo somato-motor apresentou índices positivos e significativamente diferentes do grupo visual para a área elíptica de deslocamento e amplitude de deslocamento no eixo ântero-posterior (y). Esses dados indicam um menor bloqueio da saída motora durante o imaginar de um movimento que envolve ajustes posturais no primeiro grupo. Essa diferença sugere que circuitos corticais e sub-corticais distintos serão ativados em função da estratégia adotada para simular mentalmente o movimento.

**Descritores** Controle postural. Imagética motora. Estratégias de simulação mental.

**Abstract** *Recent studies have proposed that the mental rotation of body parts can be accomplished by calling upon visual and somatomotor resources which, at a functional level, would correspond to different routes toward a single solution [1]. In this study, we investigated the effect of somato-motor and visual strategies upon the mental simulation of a task that involved postural adjustments. Subjects were asked to stand up on a vertical force platform and instructed either to 1) rest during 20 s (ST), 2) count mentally from 1 to 15 (CO), 3) imagine themselves executing a bilateral plantar flexion 15 times (IM), and 4) execute the same movement 15 times (EX). They were further classified as visual or somato-motor dominant, according to the strategy reported as adopted to perform IM. Mental chronometry showed that mean time spent in IM matched that of EX, differing from CO for both groups. Index of stabilometric modulation during IM was computed by reference to CO. Higher index values for area and amplitude of displacement in the antero posterior (y) axis were found for the somato-motor as compared to the visual group. The stabilometric departure found for visual and somato-motor dominant subjects suggests that each imagery mode activates a distinct subset of cortical and subcortical brain networks.*

**Keywords** *Stabilometry. Motor imagery. Balance.*

## Introdução

A simulação mental de movimentos pode ser definida como um estado dinâmico no qual o sujeito imagina ativamente uma determinada ação, sem executá-la de fato.<sup>1</sup> Com o avanço das técnicas de neuroimagem, tornou-se consenso que boa parte do circuito neural empregado durante os processos de simulação mental é similar ao utilizado durante o processamento de uma determinada modalidade sensorial.<sup>2</sup> No caso do sistema visual, por exemplo, a imagética foi definida como a representação da informação perceptual na ausência de entrada visual.<sup>3</sup> Do mesmo modo, no contexto do controle motor, postula-se que a simulação mental de um determinado movimento emprega os mesmos mecanismos neurais utilizados na sua execução.<sup>4</sup>

Há evidências de que o treinamento mental induz ao aprendizado de habilidades motoras. Este efeito já foi demonstrado na reabilitação de pacientes neurológicos,<sup>5</sup> no desempenho esportivo,<sup>6</sup> na aquisição de habilidades cirúrgicas<sup>7</sup> e no ganho de força muscular.<sup>8</sup>

A construção e manipulação espacial de imagens corporais têm origem basicamente visual e somato-motora.<sup>9-11</sup> No entanto, a contribuição relativa de cada modalidade sensorial nos processos de simulação mental pode variar. Por exemplo, quando solicitado a simular mentalmente um movimento, o voluntário pode se “sentir” ou se “ver” realizando o movimento. No primeiro caso, a simulação ocorrerá a partir de informações somato-motoras (estratégia de imaginação interna ou em perspectiva de primeira pessoa). No segundo, será baseada na percepção visual do movimento imaginado (estratégia de imaginação externa ou em perspectiva de terceira pessoa).<sup>12</sup>

Sirigu & Duhamel (2001) propuseram que estas duas estratégias levariam à ativação de circuitos neurais distintos. Os autores compararam o efeito de uma simples mudança na instrução na realização de uma tarefa de rotação mental da mão em pacientes acometidos de lesão cerebral. Enquanto o paciente com lesão seletiva no córtex parietal, incapaz de gerar uma representação mental do próprio movimento,<sup>13</sup> teve grande redução na precisão da resposta quando a tarefa era realizada na primeira pessoa, o paciente com lesão no córtex infero-temporal, acometido de um déficit seletivo na capacidade de gerar imagens com conteúdo visual, apresentou maior prejuízo em executar a simulação mental do movimento na terceira pessoa.<sup>1</sup> Confirmando esta hipótese, Ruby & Decety (2001) mostraram, em estudo utilizando tomografia por emissão de pósitrons, que circuitos neurais distintos são ativados em função da estratégia adotada para simular mentalmente o mesmo movimento.

O controle da postura em humanos consiste em um processo sofisticado que envolve a manutenção de várias articulações e grupamentos musculares em relação geométrica uns com os outros e com o ambiente.<sup>14</sup> Neste processo, informações visuais, vestibulares e proprioceptivas são utilizadas, tanto na detecção de variações da posição de segmentos corporais e das pistas do ambiente, quanto no ajuste fino dos movimentos da musculatura axial e proximal, com vistas à manutenção do equilíbrio. Se ativações neurais distintas são observadas em função da estratégia utilizada para realizar a simulação mental de um movimento, poderia ser esperado que o efeito da estratégia se reproduzisse também para o equilíbrio postural. Neste

estudo, investigamos o efeito da estratégia adotada na simulação mental de uma tarefa motora que envolve ajustes posturais utilizando as técnicas de cronometria mental e de estabilometria.

## Métodos

Esse projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho.

Participaram dos testes 49 voluntários saudáveis (23 homens, idade média de 23 anos). Os sujeitos eram posicionados sobre uma plataforma de força vertical<sup>15</sup> que registrava as suas oscilações corporais. Com os pés unidos e os olhos fechados, eram solicitados a realizar as seguintes tarefas: a) manter a postura ereta normal durante 20 segundos; b) contar mentalmente de um a 15; c) imaginar-se ficando na ponta dos pés 15 vezes e d) executar o mesmo movimento por 15 vezes. Os participantes indicavam o início e o final de cada tarefa e, ao final do teste, relatavam qual a estratégia utilizada para a realização da simulação mental. Com base no relato verbal, foram então distinguidos em dois grupos, visuais e somato-motores. A avaliação do efeito da estratégia de simulação mental do movimento sobre o controle postural levou em consideração que tarefas cognitivas tais como o contar podem produzir alterações de equilíbrio postural.<sup>16</sup> Para tal, calculou-se um índice de simulação mental (ISM): dos valores obtidos durante o imaginar foram subtraídos os valores da condição contar, dividindo-se então a resultante pela soma dos dois.

## Resultados

A análise da cronometria mental mostrou que o tempo utilizado para simular mentalmente os movimentos de flexão plantar (ficar na ponta dos pés) não foi diferente daquele gasto durante a sua execução. Porém, diferiu da condição contar para ambos os grupos (Figura 1). Estudos anteriores já haviam evidenciado uma alta correlação temporal entre a simulação mental de movimentos e a sua execução.<sup>4,9</sup> Esta correlação positiva foi então interpretada como um forte indicador de que estes dois processos compartilham de um substrato neural comum.<sup>4</sup> De fato, mostrou-se posteriormente que padrões de ativação encefálica similares são induzidos nas duas condições.<sup>17</sup>

Em relação ao equilíbrio postural (Figura 2), encontramos maior amplitude de deslocamento no eixo anteroposterior (DPy) e na área

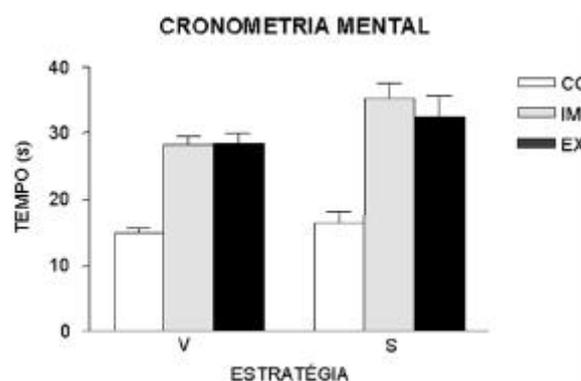


Figura 1 - Tempo médio utilizado pelos grupos visual (v) e somato-motor (s) durante as condições contar (CO), imaginar (IM) e executar (EX). O tempo foi significativamente menor na condição CO.

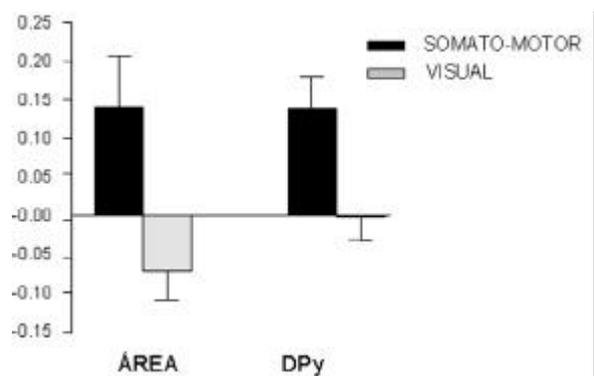


Figura 2 - Amplitude das oscilações corporais durante a tarefa de simulação mental. O índice de simulação mental (ISM) nas ordenadas corresponde à diferença entre os valores obtidos durante as tarefas de simulação e de contar divididos pela soma. Há diferenças significativas entre os grupos visual e somato-motor para os parâmetros área de oscilação corporal e amplitude de deslocamento no eixo antero-posterior (DPy).

de deslocamento para o grupo que utilizou a estratégia somato-motora. Postula-se que, durante uma tarefa de imagética motora, circuitos corticais e sub-corticais realizem o bloqueio da execução do movimento.<sup>17</sup> Valores de deslocamento significativamente mais elevados observados no grupo somato-motor em relação ao grupo visual sugerem um menor bloqueio da saída motora durante o imaginar de um movimento que envolve um ajuste postural no primeiro grupo. Esta hipótese será considerada em maior detalhe a seguir.

## Discussão

Como mencionado anteriormente, Sirigu & Duhamel (2001) propuseram a existência de duas estratégias básicas na solução de uma tarefa de simulação mental que corresponderiam à ativação de trajetórias neurais distintas. Mostrou-se que uma tarefa de simulação mental realizada na primeira pessoa produz um padrão de ativação encefálico característico, que inclui o córtex somato-motor.<sup>17,18</sup> Por analogia, pode-se supor que a simulação mental de um movimento que envolve ajustes posturais produza ativação da alça somato-motora no grupo que se “sentiu” executando o movimento. Para estes indivíduos, haveria então uma competição entre a excitação no sistema somato-motor induzida pelos processos de simulação mental e os mecanismos de bloqueio da execução do movimento.<sup>19</sup> Nos participantes que relataram ter usado uma estratégia visual, por sua vez, o corpo seria imaginado em perspectiva. Nesse caso, poderia se esperar por um padrão de ativação encefálica similar ao descrito para a terceira pessoa por Ruby & Decety (2002). Em particular, na ausência de ativação da alça somato-motora,<sup>18</sup> haveria uma inibição completa dos circuitos envolvidos com a execução do movimento.<sup>19</sup>

Em conclusão, os sujeitos “visuais” e “somato-motores” parecem diferir em relação ao grau de eficiência do bloqueio da saída motora durante a simulação mental de um movimento. A eficiência deste bloqueio, por sua vez, deverá variar em função das estruturas neurais recrutadas durante a simulação do movimento.

## Referências

1. Sirigu A, Duhamel JR. Motor and visual imagery as two complementary and neurally dissociable mental processes. *J Cogn Neurosci* 2001;13(7):910-9.
2. Kosslyn SM, Ganis GE, Thompson WL. Neural foundations of imagery. *Nat Rev Neurosci* 2001;2:639-42.
3. Kaski D. Revision: Is visual perception a requisite for visual imagery? *Perception* 2002;31:717-31.
4. Jeannerod M. The representing brain: neural correlates of motor intention and imagery. *Behav Brain Sci* 1994;17:187-202.
5. Jackson PL, Lafleur MF, Malouin F, Richards C, Doyon J. Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82:1133-41.
6. Roure R, Collet C, Deschaumes-Molinario C, Dittmar A, Rada H, Delhomme G, Vernet-Maury E. Autonomic nervous system responses correlate with mental rehearsal in volleyball training. *Eur J Appl Physiol* 1998;78:99-108.
7. Hall JC. Imagery practice and the development of surgical skills. *Am J Surgery* 2002;184:465-70.
8. Yue G, Cole KJ. Strength increases from motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contraction. *J Neurophysiol* 1992;67:1114-23.
9. Parsons LM. Temporal and kinematic properties of motor behavior reflected in mentally simulated action. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1994;20(4):709-30.
10. Wexler M, Kosslyn SM, Berthoz A. Motor processes in mental rotation. *Cognition* 1998;68:77-94.
11. Wolbers T, Weiller C, Büchel C. Contralateral coding of body parts in the superior parietal lobe. *Cerebral cortex* 2003;13:392-9.
12. Decety J. The neurophysiological basis of motor imagery. *Behav Brain Res* 1996;77:45-52.
13. Sirigu A, Duhamel JR, Cohen L, Pillon B, Dubois B, Agid Y. The mental representation of hand movements after parietal cortex damage. *Science* 1996;273:1564-8.
14. Balasubramaniam R, Wing A. The dynamics of standing balance. *Trends Cognitive Sci* 2002 ;6(12):531-6.
15. Oliveira LF. Sistema estabílo métrico para avaliação do equilíbrio postural. In: Fórum Nacional de Ciência e Tecnologia em saúde; 1992.
16. Maki BE, McIlroy WE. Influence of arousal and attention on the control of postural sway. *J Vest Res* 1996;6:53-9.
17. Jeannerod M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage* 2001;14 Suppl:103-9.
18. Ruby P, Decety J. Effect of subjective perspective taking during simulation of action: a PET investigation of agency. *Nature Neurosci* 2002;4:546-50.
19. Bonnet M, Decety J, Jeannerod M, Requin J. Mental simulation of action modulates the excitability of spinal reflex pathways in man. *Cog Brain Res* 1997;5:221-78.

**Correspondência:** Claudia Domingues Vargas

Laboratório de Neurobiologia II, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho

CCS BL. G sala G2 025 Ilha do Fundão UFRJ - 21949-900 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail: cdvargas@biof.ufrj.br