

Simulação Mental de Movimentos: Da Teoria à Aplicação na Reabilitação Motora

Mental Simulation of Movements: From Theory to Application on Motor Rehabilitation

Aline Furtado Bastos¹, Gabriela Guerra Leal Souza², Talita Peixoto Pinto³,
Maitê Mello Russo de Souza⁴, Thiago Lemos⁵, Luís Aureliano Imbiriba⁶

RESUMO

Introdução. A imagética motora (IM) consiste na evocação do plano motor de uma dada ação sem que haja a execução do movimento. **Objetivo.** Realizar uma revisão e análise crítica sobre a IM, discutindo as características neurofisiológicas, as diferenças entre as estratégias de simulação e sua aplicação clínica no contexto da reabilitação de pacientes pós-Acidente Vascular Cerebral (AVC). **Método.** Busca de artigos indexados pelas bases ISI e *Medline*, publicados entre 1980 e 2012, nos idiomas inglês, português e espanhol. **Discussão.** A IM é capaz de levar a ativações cerebrais, fisiológicas e comportamentais semelhantes às ocorridas durante a execução motora. Entretanto, a IM pode ser realizada utilizando duas possíveis estratégias, a cinestésica e a visual, e cada uma delas provoca distintos padrões de ativação cortical. Observou-se que o treinamento com a IM é capaz de gerar ganhos funcionais em pacientes pós-AVC. No entanto, não foi possível padronizar a utilização do protocolo mais adequado, visto que ainda não há um consenso quanto à frequência, duração, a estratégia de IM e a fase da doença mais apropriada para sua aplicação. **Conclusão.** Apesar dos avanços, ainda há necessidade de mais estudos a fim de determinar as diretrizes para a utilização da IM na reabilitação motora e seus benefícios a longo prazo.

Unitermos. Neurofisiologia, Reabilitação, Acidente Vascular Cerebral, Neurociências, Revisão.

Citação. Bastos AF, Souza GGL, Pinto TP, Souza MMR, Lemos T, Imbiriba LA. Simulação Mental de Movimentos: Da Teoria à Aplicação na Reabilitação Motora.

ABSTRACT

Introduction. Motor imagery (MI) consists in the evocation of a motor plan of a given action without motor output. **Objective.** To perform a review and critical analyses about MI, discussing its neurophysiological characteristics, differences between the strategies of simulation and the clinical application in the context of rehabilitation of post-stroke patients. **Method.** Search of studies indexed by ISI and Medline databases, published between 1980 and 2012, in English, Spanish or Portuguese. **Discussion.** MI can promote similar brain, physiological and behavioral activations as during the execution of motor actions. However, MI can be performed using two possible strategies, visual and kinesthetic, and each of them causes different patterns of cortical activation. It was also observed that the training with MI can improve performance in post-stroke patients. However, it was not possible to standardize the use of the more appropriate protocol, since there is still no consensus on the frequency, duration, strategy of MI and stage of the disease is most appropriate for its application. **Conclusions.** Despite the advances, there is still a need of more studies to determine the guidelines for mental simulation in the motor rehabilitation and its long-term benefits.

Keywords. Neurophysiology, Rehabilitation, Stroke, Neurosciences, Review.

Citation. Bastos AF, Souza GGL, Pinto TP, Souza MMR, Lemos T, Imbiriba LA. Mental Simulation of Movements: From Theory to Application on Motor Rehabilitation.

Trabalho realizado na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

1. Fisioterapeuta, Mestranda em Ciências Biológicas (Fisiologia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

2. Fisioterapeuta, Doutora, professora adjunta do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto-MG, Brasil.

3. Licenciada em Educação Física, Mestre em Educação Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

4. Licenciada em Educação Física, Doutoranda em Fisiologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro – RJ, Brasil

5. Licenciado em Educação Física, Doutor, Pós-Doutorando do Programa de Neurobiologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

6. Licenciado em Educação Física, Doutor, professor adjunto na Escola de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

Endereço para correspondência:

Luís Aureliano Imbiriba
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Centro de Ciências da Saúde, Escola de Educação Física e Desportos.
Avenida Pau Brasil, 540 – Laboratório de Biomecânica,
Cidade Universitária - Ilha do Fundão
CEP 21941-590, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.
E-mail: aurelio@eefd.ufrj.br

Revisão

Recebido em: 12/06/13

Aceito em: 25/10/13

Conflito de interesses: não

INTRODUÇÃO

O processo de simulação mental pode ser descrito como quase-sensorial ou quase-perceptual, pois ocorre mesmo na ausência de estímulos que produzam experiências perceptuais ou sensoriais. A simulação mental pode ser realizada em diferentes modalidades: visual, tátil, cinestésica, auditiva, gustativa ou qualquer combinação destes sentidos. Uma subcategoria dos processos de simulação mental é a imaginação de movimentos (ou imagética motora), que corresponde à representação interna de um ato motor específico sem qualquer saída motora observada^{1,2}.

Dessa forma, a simulação mental de movimentos é um estado cognitivo que pode ser experimentado por qualquer pessoa, correspondendo às várias situações da vida diária, como observar a ação de alguém e imitá-la em seguida, antecipar as consequências de uma ação, preparar ou ter a intenção de mover-se ou lembrar uma ação². Nesse contexto, a imagética motora (IM) pode ser definida como um processo dinâmico, no qual o sujeito evoca o plano motor de uma determinada ação e acompanha ativamente o seu desdobramento sem executá-la¹.

Na teoria da simulação, as ações encobertas (ou simuladas) são de fato reais, mesmo não sendo executadas³. Uma meta-análise realizada por Grèzes e Decety⁴ confirma a equivalência funcional em relação à atividade cerebral entre esses estados, ou seja, tanto nas ações pretendidas, simuladas, observadas ou realizadas há uma sobreposição entre as áreas cerebrais ativadas nessas circunstâncias. Além disso, resultados de estudos utilizando cronometria mental e análise das respostas autonômicas reforçam a similaridade entre a simulação mental e a execução de movimentos.

Atualmente, a imagética motora, através da prática mental, vem sendo associada ao contexto clínico, na reabilitação de pacientes com sequelas neurológicas, principalmente pós-Acidente Vascular Cerebral (AVC), e tem sido demonstrada como suficiente para promover modulação plástica de circuitos neurais, melhorar o aprendizado motor e o desempenho durante a reabilitação.

O presente estudo teve como objetivo realizar uma

revisão da literatura e análise crítica sobre imagética motora, discutindo suas características neurofisiológicas, as diferenças entre as estratégias de simulação e sua aplicação clínica no contexto da reabilitação motora de pacientes pós-AVC através da prática mental.

MÉTODO

Para a realização deste estudo foi conduzida uma revisão da literatura, utilizando como fonte artigos indexados pelas bases *ISI* e *Medline*, publicados entre os anos de 1980 e 2012. Foram utilizados os seguintes descritores: “*motor imagery*”, “*motor imagery AND kinesthetic OR visual*”, “*motor imagery AND stroke*” e “*mental practice AND stroke*”, para localizar estudos que abordassem os seguintes temas: similaridades comportamentais, fisiológicas, musculares e encefálicas entre a simulação mental e a execução de movimento; estratégias de simulação mental (ou tipos de imagética) e a prática mental na reabilitação de pacientes Pós-Acidente Vascular Cerebral. Os critérios de inclusão utilizados foram: estudos transversais, coorte, caso-controle e/ou relato de caso; estudos realizados com adultos e/ou idosos saudáveis ou com sequela de AVC; revisão sistemática e/ou meta-análise publicados nos idiomas inglês, espanhol e português. Foram excluídos estudos realizados com indivíduos com idade inferior a 13 anos e com aplicação em outras doenças. Somente foram utilizados os artigos cujos textos completos puderam ser acessados.

RESULTADOS

Após a consideração dos critérios de inclusão e exclusão, a busca computadorizada resultou em 42 artigos. Desses, 20 eram relacionados aos aspectos fisiológicos da imagética motora; 11 eram referentes às diferenças entre as estratégias de simulação mental dos movimentos; e, 21 eram relacionados ao uso da prática mental em pacientes pós-AVC.

Os principais resultados e características dos artigos utilizados estão sintetizados nas Tabelas 1, 2 e 3. A seguir, será discutido os principais achados de cada trabalho, separadamente, por tema.

Tabela 1
Estudos sobre as similaridades entre a simulação mental e a execução de movimentos

Autor	Ano	Amostra	Tarefas	Parâmetros Coletados	Resultados
Roland <i>et al.</i> ⁵	1980	19 sujeitos saudáveis	Movimentos voluntários unilaterais no espaço extrapessoal (teste do labirinto ¹ e desenho de uma espiral no ar)	PET (rCBF)	↑rCBF nas áreas: motora suplementar (bilateral), pré-motora (bilateral), sensitiva primária (contralateral) e parietal superior e inferior (bilateral)
Decety & Michel ⁶	1989	6 sujeitos saudáveis	Escrever uma sentença e desenhar um cubo (executar x imaginar; mão direita x mão esquerda; pequena ou grande amplitude)	Tempo de realização da tarefa	Tempo similar, independente da amplitude utilizada
Decety <i>et al.</i> ⁷	1989	20 universitários	Caminhada até alvos (a 5, 10 e 15m de distância) (com x sem peso – 25kg; execução x imaginação)	Tempo de realização da tarefa	Tempo similar entre as condições
Decety <i>et al.</i> ⁸	1993	6 sujeitos saudáveis	Exercícios com as pernas, com 15 e 19kg	FC, FR, PCO ₂ e metabolismo muscular (espectroscopia por RMN) (execução x imaginação)	<u>Execução</u> : ↑ FC e FR relativos a carga utilizada; PCO ₂ inalterada; RNM: ↓ na PCr e pH intracelular e ↑ no Pi <u>Imaginação</u> : ↑ FC e FR relativos a carga utilizada; ↓ PCO ₂ ; RNM: inalterada
Decety <i>et al.</i> ⁹	1994	Sujeitos saudáveis	Movimento de prensão de objetos (imaginação) e observação de movimentos com outra mão	PET	<u>Observação</u> : ativação de áreas visuais, núcleos da base e cerebelo <u>Imaginação</u> : ativação de áreas motoras corticais e subcorticais
Stephan <i>et al.</i> ¹⁰	1995	6 sujeitos saudáveis	Movimento com <i>joy-stick</i> (execução e imaginação)	PET +fMRI	<u>Imaginação</u> : ativação da área pré-motora, córtex parietal, área motora suplementar
Grafton <i>et al.</i> ¹¹	1996	7 sujeitos saudáveis	Movimento de prensão de objetos (observação e imaginação)	PET (rCBF)	<u>Observação</u> : ativação do sulco temporal superior, córtex frontal inferior, córtex parietal inferior, área motora suplementar e córtex pré-motor dorsal <u>Imaginação</u> : <i>córtex frontal inferior e médio, córtex parietal inferior, área motora suplementar e córtex pré-motor dorsal</i>
Rizzolatti <i>et al.</i> ¹²	1996	7 sujeitos saudáveis	Movimento de alcance e prensão de objetos (observação e execução)	PET (rCBF)	<u>Observação</u> : ativação do giro temporal médio, sulco temporal superior e giro frontal inferior (porção caudal)
Deiber <i>et al.</i> ¹³	1998	10 sujeitos saudáveis	Movimento dos dedos (imaginação ou imaginação + execução)	PET (rCBF)	<u>Imaginação</u> : <i>córtex parietal inferior, área motora suplementar, córtex cingulado anterior, córtex pré-motor, córtex pré-frontal dorsolateral</i> <u>Imaginação+execução</u> : <i>área descritas anteriormente e cerebelo, tálamo, córtex parietal anterior e córtex motor; redução da atividade no córtex frontal inferior</i>
Fadiga <i>et al.</i> ¹⁴	1999	6 sujeitos saudáveis	Movimento de flexão e extensão da mão e braço (imaginação)	TMS + MEPs	A excitabilidade durante a imaginação é semelhante ao que ocorre durante a execução de movimentos; a TMS no córtex motor teve um efeito facilitatório induzida pela imaginação de movimentos
Lotze <i>et al.</i> ¹⁵	1999	10 sujeitos saudáveis	Movimento com as mãos (execução e imaginação; direita e esquerda)	fMRI	<u>Execução</u> : área motora suplementar, córtex pré-motor, M1, cerebelo (lobo anterior) <u>Imaginação</u> : <i>área motora suplementar, córtex pré-motor, M1, S1, cerebelo (dorsolateral)</i>
Gerardim <i>et al.</i> ¹⁶	2000	8 sujeitos saudáveis	Movimento de flexão e extensão dos dedos ou “seletiva” de dedos (i.e., somente dos II e V dedos) (execução e imaginação)	fMRI	<u>Execução</u> : ativação de S1, M1, área pré-motora, área motora suplementar córtex parietal, núcleos da base, tálamo e cerebelo <u>Imaginação</u> : área pré-motora, córtex parietal e núcleos da base; córtex pré-frontal e área motora suplementar
Oishi <i>et al.</i> ¹⁷	2000	8 <i>skatistas</i>	Circuito de <i>skate</i> (imaginação - IM) e cálculo aritmético mental	EDA, FC e FR	<u>IM</u> : ↓ EDA; ↑ FC; ↑ FR <u>Cálculo aritmético mental</u> : ↓ EDA; ↑ FC; ↑ FR
Paccalin & Jeannerod ¹⁸	2000	11 sujeitos saudáveis	Sequência de levantamento de peso e corrida na esteira (observação)	FC e FR	FC inalterada e ↑ FR, em ambas as tarefas
Porro <i>et al.</i> ¹⁹	2000	14 sujeitos saudáveis	Sequência de movimento de oposição dos dedos (imaginação e execução)	fMRI	Aumento da atividade na porção anterior do giro pré-central e pós-central, em ambas as condições (comparada a tarefa controle)

Tabela 1
Continuação

Autor	Ano	Amostra	Tarefas	Parâmetros Coletados	Resultados
Boecker <i>et al.</i> ²⁰	2002	6 sujeitos saudáveis	Sequências de movimento de extensão dos dedos da mão (imaginação)	PET (rCBF)	<u>Imaginação</u> : M1, S1, córtex parietal inferior, córtex pré-motor dorsal, área motora suplementar, córtex pré-motor ventral, córtex parietal superior, putâmen e cerebelo
Stippich <i>et al.</i> ²¹	2002	14 sujeitos saudáveis	Movimentos com a língua para cima e para baixo, oposição dos dedos das mãos e flexão e extensão dos pés (imaginação e execução; direita e esquerda)	fMRI	Ativação de M1 em ambas as condições, com organização somatotópica mesmo durante a IM
Caldara <i>et al.</i> ²²	2004	10 sujeitos saudáveis	Movimento com os dedos da mão (pressionar teclas) (imaginação e execução)	EEG (ERP)	Existe diferença no final do período de preparação para imaginação ou execução; estruturas motoras primárias estão envolvidas para execução e imaginação de movimentos
Dechent <i>et al.</i> ²³	2004	6 sujeitos saudáveis	Sequência de oposição dos dedos (execução e imaginação)	fMRI	<u>Execução</u> : M1, área motora suplementar e áreas pré-motoras <u>Imaginação</u> : área motora suplementar, áreas pré-motoras e córtex intraparietal anterior; aumento do sinal em M1, na fase inicial
Solodkin <i>et al.</i> ²⁴	2004	18 sujeitos saudáveis	Movimento de oposição dos dedos (execução e imaginação, nas modalidades cinestésica ou visual)	fMRI	<u>Execução</u> : M1, S1, lóculo parietal superior, córtex pré-motor dorsolateral, área motora suplementar, áreas occipitais e cerebelo <u>Imaginação (cinestésica)</u> : córtex pré-motor dorsolateral, M1, S1, área motora suplementar, cerebelo e lóculo parietal superior <u>Imaginação (visual)</u> : córtex pré-motor dorsolateral, lóculo parietal superior, área motora suplementar, áreas occipitais, cerebelo e giro frontal inferior

FC=Freqüência Cardíaca; FR=Freqüência Respiratória; PCO₂=Pressão parcial de CO₂; RMN=Ressonância Magnética Nuclear; PCr=Fosfocreatina; Pi=Fosfato inorgânico; EDA=Atividade Eletrodérmica; PET=Tomografia por Emissão de Pósitrons; rCBF=Fluxo Sanguíneo Cerebral regional; fMRI=Ressonância Magnética funcional; S1=córtex somestésico primário; M1=córtex motor primário; EEG=Eletroencefalograma; ERP=Potencial Relacionado a Eventos; TMS=Estimulação Magnética Transcraniana; MEP=Potencial Evocado Motor; ↓=redução; ↑=aumento; †Teste do labirinto (*mazetest*): consiste numa série de movimentos isolados rápidos em vários sentidos em um quadro, executado sob o comando verbal

Tabela 2
Estudos sobre estratégias de simulação mental de movimentos (ou tipos de imagética)

Autor	Ano	Amostra	Tarefa	Parâmetros Coletados	Resultados
Ruby & Decety ²⁵	2001	10 sujeitos saudáveis	Imaginação de atividades envolvendo objetos, pessoas ou animais (cinestésica e visual)	PET	Ativação da área motora suplementar, giro pré-central, pré-cúneus e junção occipito-temporal em ambas as condições. <u>IM cinestésica</u> : maior ativação do córtex somatossensorial e do córtex parietal inferior no hemisfério esquerdo <u>IM visual</u> : maior ativação do córtex parietal inferior direito, córtex cingulado posterior e o córtex fronto-polar
Sirigu & Duhamel ²⁶	2001	14 sujeitos – 2 com lesões corticais focais (parietal e ínfero-temporal) e 12 sujeitos saudáveis	Imaginação da mão em uma determinada orientação espacial (cinestésica e visual) estando em uma postura “compatível” ou “incompatível” e realizar um julgamento de lateralidade	Tempo de resposta	<u>Indivíduos saudáveis</u> – postura compatível: maior tempo de resposta para IM visual; postura incompatível: maior tempo de resposta para IM cinestésica <u>Lesão parietal</u> – comprometimento da resposta na IM cinestésica na postura compatível <u>Lesão ínfero-temporal</u> - comprometimento da resposta na IM visual na postura incompatível
Féry ²⁷	2003	Exp. 1: 25 estudantes (21,9±3,1 anos); Exp. 2: 24 estudantes (20,5±2,3 anos)	Exp. 1: reprodução de uma forma Exp. 2: deslocamento de uma caneta em um caminho	Exp. 1: Erro da Distância Total Exp. 2: Números de Contatos	<u>IM visual</u> : melhor para tarefas que enfatizam a forma <u>IM cinestésica</u> : melhor para tarefas que enfatizam o timing e/ou a coordenação bimanual

Tabela 2
Continuação

Autor	Ano	Amostra	Tarefa	Parâmetros Cole- tados	Resultados
Neuper <i>et al.</i> ²⁸	2005	14 sujeitos saudáveis	Imaginação (cinestésica e visual), execução e observação de um movimento de apertar uma bola	EEG (classificador – DSLVQ)	<u>Execução e observação</u> : acurácia de classificação em torno de 80% <u>IM cinestésica</u> : acurácia de ~67%; foco de atividade próxima a área sensorio-motora da mão <u>IM visual</u> : acurácia de ~56%; sem padrão espacial específico
Fourkas <i>et al.</i> ²⁹	2006	30 estudantes universitários	<u>Imaginação estática</u> : imaginar a mão relaxada sobre o traveseiro <u>Imaginação visual</u> : imaginar uma bola se movendo para cima e para baixo no monitor <u>IM cinestésica</u> : imaginar-se realizando abdução e adução do dedo indicador da mão dominante <u>IM visual (3ª pessoa)</u> : imaginar o experimentador realizando abdução e adução do dedo indicador da sua mão dominante	TMS + PEM	(1) Maior amplitude do PEM durante a IM na 3ª pessoa quando comparada a imaginação estática, visual e na 1ª pessoa; (2) Tendência de maior PEM durante imaginação na 1ª pessoa em relação à visual; (3) sem diferença no PEM entre as condições visual ou visual + cinestésica
Stinear <i>et al.</i> ³⁰	2006	20 sujeitos saudáveis	Imaginação de um movimento fásico do polegar	TMS + PEM	<u>IM cinestésica</u> : facilitação da excitabilidade corticoespinal acima dos níveis basais; modulação da excitabilidade do tractocorticoespinal na ausência de mudanças detectáveis ao nível espinal
Stecklow <i>et al.</i> ³¹	2007	33 sujeitos saudáveis – atletas e não-atletas	Imaginação de um movimento de ataque do voleibol (cinestésica x visual)	EEG (banda alfa)	Menor potência durante imaginação da tarefa, sendo menor na condição cinestésica
Guillot <i>et al.</i> ³²	2009	10 ginastas e 10 tenistas	Tenistas: Imaginar sacando, correndo para a rede e batendo a bola para o lado oposto (Cinestésica e visual) Ginastas: Imaginar fazendo rondada, elemento para trás depois da rondada, acrobacias para trás (salto com o corpo dobrado ou esticado) (Cinestésica e visual)	Tempo de realização da tarefa; Resistência da pele	<u>Tempo</u> : imaginação maior que execução; cinestésica maior que visual <u>Resistência da pele</u> : menos duradoura durante a imaginação (visual e cinestésica) do que durante o movimento imaginado auto-relatado; a razão entre a resistência da pele durante a imaginação visual e a cinestésica foi mais próxima de 1 nos ginastas do que nos tenistas
Malouin <i>et al.</i> ³³	2010	80 sujeitos divididos em 3 grupos: jovens (26 anos); intermediário (53) e idosos (67)	Não aplicável	Questionário (<i>Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire</i>) e escore dos 3 domínios de memória de trabalho (visuoespacial, cinestésico e verbal)	<u>IM</u> : (1) Escore da IM cinestésica maior que da IM visual; (2) Grupos jovem e intermediário obtiveram maior pontuação para IM visual do que para IM cinestésica <u>Memória de trabalho</u> : (1) ↓ no escore no domínio visuoespacial nos grupos intermediário e idoso; i no escore no domínio cinestésico no grupo idoso
Stecklow <i>et al.</i> ³⁴	2010	30 indivíduos saudáveis – atletas e não-atletas	Imaginação de um movimento de ataque do voleibol (cinestésico e visual)	EEG (banda alfa)	Atletas demonstraram mais áreas corticais com habituação do que em não-atletas, principalmente a IM cinestésica; a IM cinestésica promoveu maiores alterações fisiológicas do que a visual

PET=Tomografia por Emissão de Pósitrons; IM=Imagética Motora; EEG=Eletroencefalograma; DSLVQ=*Distinction Sensitive Learning Vector Quantization*; TMS=Estimulação Magnética Transcraniana; PEM=Potenciais Evocados Motores; ↓=redução

Tabela 3
Estudos sobre prática mental na reabilitação de pacientes pós-acidente vascular cerebral

Autores	Ano	Tipo de estudo	Amostra	Protocolo	Duração	Resultados
Page <i>et al.</i> ³⁵	2001	Relato de caso (cego)	1 paciente hemiparético pós-AVC (56 anos)	PF: transferências, equilíbrio, treino de marcha e AVDs PM: atividades funcionais (pegar um copo, virar página de um livro...)	6 semanas (PF: 3x/semana; PM: 2x/semana)	↑ incapacidade funcional e melhora na função do MS
Jackson <i>et al.</i> ³⁶	2003	Estudo clínico, randomizado	9 sujeitos saudáveis (26±3,9 anos)	PF e PM de flexão plantar e dorsiflexão do tornozelo esquerdo	5 períodos de treinamento da tarefa; em cada período, 75 repetições de cada <i>trial</i>	Melhora significativa na performance, ↑ atividade do córtex orbito-frontal medial e ↓ da atividade do cerebelo
Stevens & Stoykov ³⁷	2003	Estudo de casos	2 pacientes hemiparéticos pós-AVC (63/76 anos)	PM: extensão do punho, prono-supinação, levantar e manipular objetos	12 sessões de 1 hora (3x/semana por 4 semanas consecutivas)	Melhora da performance do MS parético após o treinamento com a PM
Dijkerman <i>et al.</i> ³⁸	2004	Estudo clínico, controlado, randomizado	20 pacientes paréticos pós-AVC (64±9 anos)	Grupo 1: PF e PM (alcance e prensão) Grupo 2: PF e imaginação de imagens; Grupo 3: PF	4 semanas	Melhora da performance após treinamento em todos os grupos, principalmente para a tarefa treinada no grupo 1
Johnson-Frey ³⁹	2004	Estudo de casos	3 pacientes hemiplégicos pós-AVC	PF e PM de movimentos simples e complexos dos dedos das mãos	9 semanas	Reorganização das áreas sensorio-motoras do hemisfério lesado após a PM
Liu <i>et al.</i> ⁴⁰	2004	Estudo de casos	2 pacientes hemiparéticos pós-AVC (65/66 anos)	PM de 15 AVDs + intervenções de treinamento de função motora, treinamento de marcha e acompanhamento fonoaudiológico	3 semanas	Melhora da performance nas tarefas treinadas e em não-treinadas; ↑ da atenção e do planejamento
Page <i>et al.</i> ⁴¹	2005	Estudo clínico, cego, controlado, randomizado	11 pacientes hemiparéticos pós-AVC (62,3±5,1 anos)	Grupo 1: PF e PM de AVDs; Grupo 2: PF e técnicas de relaxamento	12 sessões de 30 minutos (2x/semana por 6 semanas consecutivas)	Melhora do uso do MS acometido bem como a qualidade dos movimentos, independente do grupo.
Butler & Page ⁴²	2006	Relato de casos	4 indivíduos hemiparéticos pós-AVC (51-73 anos)	Grupo 1: PM; Grupo 2: PM + TRIM; Grupo 3: TRIM	2 semanas	Grupo 1: Pequena melhora nas avaliações funcionais; Grupo 2: pequena melhora no desempenho motor do MS parético; Grupo 3: melhora do MS afetado - ↓ tempo de realização das tarefas.
Gaggioli <i>et al.</i> ⁴³	2006	Relato de caso	1 paciente com parestesia do MS pós-AVC (46 anos)	1ª etapa – PF de movimentos de flexão/extensão do punho, rotação do antebraço e flexão/extensão do cotovelo + PM das mesmas tarefas usando um programa de realidade virtual 2ª etapa – mesmas tarefas, realizadas em domicílio	1ª etapa – 12 sessões de 60 minutos (3x/semana por 4 semanas) 2ª etapa – 12 sessões de 60 minutos (3x/semana por 4 semanas)	↑ função, da ADM do MS e força no punho parético após a 1ª etapa, que se manteve após a 2ª etapa; ↑ na precisão do movimento de flexão/extensão do punho após a 1ª etapa
Hewett <i>et al.</i> ⁴⁴	2007	Estudo Clínico	5 pacientes com parestesia do MS pós-AVC	Prática física de AVDs seguida de PM das mesmas tarefas	12 sessões de 60 minutos (2x/semana por 6 semanas)	↑ da ADM de flexão do ombro e extensão do cotovelo, da habilidade funcional e da velocidade de realização do movimento de alcance e prensão dos objetos
Mulder <i>et al.</i> ⁴⁵	2007	Estudo clínico transversal	333 sujeitos saudáveis (grupo jovem (23,99±3,01 anos), intermediário (44,07±10,0 anos) e idoso (74,20±5,38 anos)	Não se aplica	Não se aplica	Idosos foram piores na capacidade de imagética motora do que os participantes mais jovens, principalmente na condição cinestésica

Tabela 3
Continuação

Autores	Ano	Tipo de estudo	Amostra	Protocolo	Duração	Resultados
Müller <i>et al.</i> ⁴⁶	2007	Estudo clínico controlado, randomizado	17 pacientes hemiparéticos pós-AVC (62±10 anos)	Grupo 1: PF de movimentos sequenciais (movimento de oposição); Grupo 2: PF e PM da mesma sequência do grupo (1); Grupo 3: PF de movimentos grosseiros da mão (segurar um copo, estender os dedos...)	20 sessões de 30 minutos (5x/semana por 4 semanas consecutivas)	Resgate da habilidade de realizar os movimentos dos dedos e melhora da função motora manual nos grupos 1 e 2
Page <i>et al.</i> ⁴⁷	2007	Estudo clínico randomizado, placebo-controlado	32 pacientes pós-AVC (58,69±12,89 anos)	Grupo 1: execução de 5 atividades motoras de membro superior e exercícios de relaxamento Grupo 2: execução das mesmas atividades motoras do grupo 1 e a imaginação dessas atividades	12 sessões de 30 minutos (2x/semana por 6 semanas consecutivas)	↑ significativo na prática das AVDs com o membro superior afetado e novas habilidades para a prática de atividades, para o grupo 2
Dunskyet <i>al.</i> ⁴⁸	2008	Estudo controlado, não-randomizado	17 pacientes com hemiparesia pós-AVC	PM domiciliar de treino de marcha supervisionado	18 sessões de 15-20 minutos (3x/semana por 6 semanas)	↑ da velocidade média da marcha, do comprimento da passada, do comprimento do passo parético, do comprimento do passo do membro são, da cadência média, da ADM do joelho parético, da simetria da marcha, da habilidade da marcha, da independência da marcha; i no tempo de apoio duplo; manutenção do ganho da velocidade média da marcha e da simetria no <i>follow-up</i>
Page <i>et al.</i> ⁴⁹	2009a	Estudo clínico, cego	10 indivíduos pós-AVC (37-69 anos)	PF de 5AVDs, seguida de PM das mesmas tarefas	30 sessões de 50-60 minutos (3x/semana por 10 semanas consecutivas)	Melhora funcional do MS acometido; h do sinal nas áreas de flexão e extensão de punho afetado dos córtices pré-motor e motor primário
Page <i>et al.</i> ⁵⁰	2009b	Estudo clínico, cego, controlado, randomizado	10 pacientes hemiparéticos pós-AVC (61,4±3,02 anos)	Grupo 1: TRIMm; Grupo 2: TRIMm + PM (5AVDs)	10 semanas	↓ da limitação no MS acometido em ambos os grupos; e, melhora da função no grupo 2
Hwanget <i>al.</i> ⁵¹	2010	Estudo caso-controle	24 pacientes com hemiparesia pós-AVC	Grupo 1: PM de treino de marcha usando um vídeo + fisioterapia convencional; Grupo 2: visualização de um documentário + fisioterapia convencional	20 sessões de 90 minutos (5x/semana por 4 semanas)	↑ da velocidade da marcha, do comprimento da passada do membro parético e do membro são, da ADM de rotação do quadril são, dos indicadores de melhora funcional da marcha; i no tempo total da marcha; h da ADM de flexão-extensão do quadril e do joelho parético no grupo 1 e i no grupo 2
Riccioet <i>al.</i> ⁵²	2010	Estudo clínico cego, randomizado	36 pacientes hemiparéticos pós-AVC (60,11 anos)	Grupo A: fisioterapia + T.O. acrescido de IM após 3 semanas; Grupo B: fisioterapia + T.O. + IM, sendo retirada a IM após 3 semanas	6 semanas	Grupo B: melhora significativa da função do MS parético em relação ao grupo A, após as 3 primeiras semanas
Ietswaartet <i>al.</i> ⁵³	2011	Estudo clínico, cego, controlado, randomizado	121 pacientes paréticos pós-AVC	Grupo 1: PM supervisionada e domiciliar de atividades funcionais Grupo 2: tarefas cognitivas Grupo 3: tratamento convencional (sem treinamento adicional)	12 sessões de 45 minutos (3x/semana por 4 semanas consecutivas)	Sem diferença nas medidas funcionais entre os momentos antes e após período de treinamento

Tabela 3
Continuação

Autores	Ano	Tipo de estudo	Amostra	Protocolo	Duração	Resultados
Page <i>et al.</i> ⁵⁴	2011	Estudo clínico, controlado, randomizado	29 pacientes hemiparéticos pós-AVC	PF de AVDs e PM das mesmas tarefas, diferenciando na duração (20, 40 ou 60 minutos)	30 sessões de 30 minutos + sessões de PM (3x/semana por 10 semanas consecutivas)	↑duração da PM relacionado com h da função sensório-motora
Bastos <i>et al.</i> ⁵⁵	2012	Estudo de casos, randomizado, controlado	4 pacientes hemiparéticos pós-AVC	Grupo 1: PF e PM de atividades funcionais Grupo 2: PF das mesmas atividades e imaginação de cenas visuais estáticas	10 sessões de 60 minutos (1x/semana por 10 semanas consecutivas)	↓tempo execução das tarefas ambos os grupos; melhora da função sensório-motora no grupo 1

AVC=Acidente Vascular Cerebral; PF=Prática Física; AVDs=Atividades da Vida Diária; PM=Prática Mental; MS=Membro Superior; TRIM=Terapia de Restrição e Indução dos Movimentos; ADM=Arco de Movimento; TRIMm=Terapia de Restrição e Indução de Movimentos modificada; T.O.=Terapia Ocupacional; IM=Imagética Motora; ↓=redução; ↑=aumento

DISCUSSÃO

Similaridades entre a simulação mental e a execução de movimentos

Estudos utilizando técnicas comportamentais e de neuroimagem confirmam a existência de um forte paralelismo entre a imaginação e a execução de um determinado movimento. Por exemplo, o tempo gasto na simulação mental de um movimento é aproximadamente o mesmo que o gasto durante a execução^{6,7}, as respostas autonômicas associadas com o esforço físico variam da mesma maneira durante a simulação mental e a execução motora^{8,17,18} e, finalmente, regiões encefálicas correspondentes são ativadas quando o sujeito imagina ou executa um determinado movimento, sugerindo uma considerável sobreposição nos circuitos cerebrais envolvidos na imaginação e na execução das ações^{5,9,16,21}.

Cronometria mental

Diversos trabalhos se dedicaram a investigar a relação temporal existente entre a simulação mental de um movimento e sua execução. As tarefas utilizadas pelos autores são diferentes, desde a realização de tarefas gráficas, com o membro superior⁶, até a tarefa de caminhada com os olhos vendados⁷, mas o que se observa como resultados dos trabalhos é que o tempo necessário para a execução e para a simulação mental é similar.

Respostas autonômicas

O sistema nervoso autonômico (ou neurovegetativo), de modo contrário às respostas musculares esqueléticas periféricas, é influenciado durante a simulação mental

de movimentos. Foi observado aumentos semelhantes dos batimentos cardíacos e da frequência respiratória durante a execução e a imaginação de um exercício físico progressivo de membros inferiores, quando comparados a valores medidos durante o repouso⁸. No entanto, a possibilidade dessas alterações autonômicas serem consequência de um aumento da atividade muscular durante a simulação não foi comprovada, pois não houve mudança no metabolismo muscular (sem alteração nos níveis de fosfocreatina, fosfato inorgânico e no pH muscular). Desta forma, a combinação do aumento da frequência cardíaca e respiratória, associada à ausência de alteração do metabolismo muscular durante a simulação mental, resultou em uma queda da pressão parcial de CO₂. Esse fato nunca ocorre durante o exercício físico real, onde a ventilação aumentada elimina CO₂ na mesma taxa de produção, mantendo a pressão parcial de CO₂ constante. Assim, segundo os autores, esses resultados demonstram que a simulação mental de movimentos pode ativar os mesmos mecanismos de controle cardíacos e respiratórios que ocorrem durante a preparação para uma determinada ação.

Foi observado em atletas de skate que a atividade eletrodérmica e as frequências cardíaca e respiratória variaram da mesma maneira durante a simulação mental e a execução de uma corrida do próprio esporte, e também foi proposto que as respostas autonômicas foram relacionadas ao planejamento motor central¹⁷. Outros autores também observaram um aumento da frequência respiratória em relação ao repouso quando sujeitos observavam uma pessoa realizando sequências de movimentos de levantamento de peso e corrida na esteira, com dife-

rentes velocidades¹⁸. No entanto, os valores da frequência cardíaca não apresentaram diferenças significativas quando comparados à situação de repouso, sugerindo, mais uma vez, ativação de mecanismos centrais na regulação autonômica.

Atividade Cerebral

Estudos registrando a atividade encefálica mostraram que a simulação mental de movimentos induz a ativação das seguintes áreas cerebrais que também estão envolvidas no planejamento e na execução de movimentos: área pré-motora^{9-12,15,16,20}; área motora suplementar^{10,11,15,16,20}; córtex parietal^{9,20}; córtex pré-frontal^{9,20}; gânglios da base^{9,16,20} e cerebelo^{9,15,20}.

No entanto, certa inconsistência é encontrada na literatura em relação à participação de algumas áreas motoras durante a simulação mental de movimentos, em particular a área motora primária (M1). Trabalhos iniciais utilizando tomografia por emissão de pósitrons (PET), não mostraram ativação dessa área durante a IM^{5,9,13}. Entretanto, estudos mais recentes têm evidenciado uma participação ativa da M1 durante a simulação mental de movimentos, seguindo uma organização somatotópica^{19,21-24}. Essa exclusão de M1 como região participante do processo de imagética motora pelos trabalhos mais antigos parece estar relacionada a diferenças quanto ao tipo de simulação mental empregado. Os estudos mais antigos utilizaram a estratégia de imaginação visual de um ato motor (em que o indivíduo se vê fazendo a ação) em vez da estratégia cinestésica utilizada pelos trabalhos mais recentes (em que o indivíduo se sente fazendo a ação).

Além disso, experimentos medindo a resposta cortical à estimulação magnética transcraniana (TMS, na sigla em inglês) também observaram o aumento da excitabilidade de vias motoras descendentes durante a simulação mental de movimentos, sendo específico para os músculos envolvidos na ação imaginada¹⁴.

Mas como explicar que a ativação de áreas motoras não resulte em execução durante o processo de simulação? A primeira hipótese é que a ativação do córtex motor primário seja sublimiar, insuficiente para disparar os motoneurônios espinhais. A segunda hipótese é que a saída motora seria bloqueada por um mecanismo que agiria em paralelo inibindo os comandos descendentes

córtico-espinhais no nível da medula ou do tronco encefálico^{3,22,56,57}.

Estratégias de simulação mental de movimentos (ou tipos de imagética)

Para agir com eficiência no espaço, o cérebro deve não somente localizar qualquer objeto de interesse no espaço extrapessoal, mas também manter uma constante atualização do estado, da forma e da postura corporal (esquema corporal). Assim, a propriocepção, a visão, a audição e a informação somestésica são cruciais para a construção do mapa corporal, facilitando as ações futuras⁵⁸.

Os sistemas de referência podem ser definidos para representar a localização espacial das ações. Pelo menos dois deles podem ser identificados: a) codificar ou representar a posição dos objetos em relação ao agente da ação (coordenadas egocêntricas) e b) codificar a posição espacial dos objetos em coordenadas centradas no objeto, sendo independente da posição corrente do agente (coordenadas allocêntricas)⁵⁹⁻⁶¹.

Evidências convergem a favor da hipótese de que a construção e manipulação espacial das informações de partes do corpo têm uma origem sensorial mista, sendo pelo menos parcialmente guiadas por processos motores^{62,63}. No entanto, a contribuição relativa de cada modalidade sensorial nos processos de simulação mental pode variar. Por exemplo, quando um indivíduo é solicitado a simular mentalmente um movimento, ele pode se “sentir” ou se “ver” realizando o movimento. No primeiro caso, a simulação ocorrerá a partir de informações somatomotoras (estratégia de imaginação cinestésica, interna ou em perspectiva de primeira-pessoa). No segundo caso, esta será baseada na percepção visual do movimento imaginado (estratégia de imaginação visual, externa ou em perspectiva de terceira-pessoa)⁶⁴.

Em especial, a tomada de perspectiva em primeira-pessoa é baseada em experiências no espaço próximo ao seu próprio corpo, operando, então, em um sistema de referência egocêntrico. A natureza da perspectiva de terceira-pessoa envolve a representação dos componentes espaciais do ambiente externo. Assim, imagens visuais do movimento são usualmente associadas com a representação de outra pessoa em ação em um sistema de referência allocêntrico. A imagética visual representaria a percepção

(“o que se deve ver” naquela circunstância) e a imagética cinestésica seria uma maneira de representar as ações (“o que se deve fazer”)⁶⁵.

Respostas encefálicas nas diferentes estratégias de imagética motora

Para uma melhor compreensão das diferentes estratégias utilizadas durante a simulação mental de movimentos, diversas abordagens têm sido utilizadas, desde paradigmas com pacientes com lesões cerebrais²⁶ ou com sujeitos saudáveis^{25,28-32,34}. No entanto, os achados são similares entre os diversos estudos.

Na imagética cinestésica é frequentemente esperado que as representações motoras sejam mais acessadas do que na imagética visual da mesma tarefa. Isso é surpreendente, porque o comportamento motor é altamente influenciável pela informação visual (imagética mista visuo-motora). Dessa mesma forma, a relação entre o esquema corporal (a representação do corpo no cérebro) e imagética motora (a representação mental do corpo em movimento) parecem depender das informações visuais e somatomotoras da imagem interna de um segmento corporal²⁹.

De fato, o que tem sido demonstrado em estudos comportamentais de pacientes com lesões cerebrais ou com estudos de imagem cerebral é que ambas as estratégias parecem ativar redes cerebrais sobrepostas, incluindo regiões motoras. Mas, ao realizar comparações diretas entre as estratégias, parece haver uma predominância de ativação nas regiões occipitais e parietais superiores, no caso da simulação visual, e de áreas frontais, gânglios da base, cerebelo e parietal inferior na simulação cinestésica^{25,26,32}.

Além disso, diversos estudos com eletroencefalografia (EEG) têm sido conduzidos a fim de investigar as diferenças dos padrões de ativação. Tem sido investigado se os padrões de atividade elétrica cerebral podem discriminar os tipos de imagética e observa-se que os eletrodos localizados sobre o córtex sensório-motor exibem características diferenciadas para o reconhecimento da imagética na modalidade cinestésica. Já para a imagética visual, a discriminação parece ser pouco precisa, indicando uma possível relevância da ativação dos eletrodos localizados nas áreas frontais e parieto-occipitais²⁸.

Dois outros estudos avaliaram o pico da banda alfa

no EEG, durante as modalidades de IM^{31,34}. Os achados nesses estudos apontam que a IM é capaz de promover uma diferenciação na ativação cortical de acordo com o grau de vivência real de determinada tarefa e com a modalidade de IM utilizada. Ainda, a estratégia cinestésica promove maiores alterações fisiológicas ao EEG quando comparada com a estratégia visual, confirmando, então, que a ativação cortical depende da modalidade de imagética executada.

Ao avaliar os trabalhos que utilizam a técnica de Estimulação Magnética Transcraniana, observa-se que existe certo conflito entre os resultados. Há consenso de que a IM é capaz de modular a excitabilidade córticomotora, mas que esta pode ser maior durante a modalidade cinestésica³⁰ ou na visual²⁹.

Além da existência de divergências entre os circuitos envolvidos na simulação de movimentos, a ativação desses circuitos pode variar com a idade. Os resultados comportamentais indicam que a habilidade de imaginar visualmente o movimento é mais sensível ao processo de envelhecimento, em relação à habilidade de realizar a mesma simulação cinestésica³³.

Prática mental na reabilitação de pacientes Pós-Acidente Vascular Cerebral

A prática mental (PM) consiste no treinamento baseado na imagética motora, podendo gerar ganhos funcionais nas atividades da vida diária (AVDs) de pacientes pós-AVC⁴⁷. Todavia, ainda não foi possível padronizar a utilização da PM como conduta fisioterapêutica na recuperação neurológica de pacientes pós-AVC, visto que ainda não há um consenso quanto à frequência (quantos dias por semana e quantas semanas), a duração (minutos por sessão), o tipo de imagética motora (visual ou cinestésica) e o momento apropriado de aplicação da PM (fases de recuperação da patologia)⁶⁶.

Alguns estudos utilizam protocolos de tratamento que englobam apenas a PM, sem grupo ou tarefa controle, para mostrar melhora da função do lado parético em pacientes pós-AVC³⁷⁻³⁹. As medidas avaliadas são diversas, desde escalas motoras padronizadas até exames de imagem cerebral, como a fMRI. Os resultados são similares, convergindo para melhora do desempenho motor após a intervenção com a PM^{37,38}, mesmo quando o treina-

mento era realizado em domicílio³⁸, e uma facilitação da reorganização das áreas sensorio-motoras do hemisfério que sofreu a lesão³⁹.

Outros estudos usam a PM associada à prática física e comparam as fases pré e pós-tratamento. Os diferentes achados apontam que a PM associada à prática física das AVDs pode reduzir a incapacidade e melhorar a função do membro superior afetado de pacientes pós-AVC crônico^{35,44,49}, com mudanças na ativação cortical verificadas através da fMRI⁴⁹.

Uma novidade na área é o uso da realidade virtual no auxílio para a reabilitação motora. Em um estudo, os autores utilizaram esta ferramenta em um experimento piloto com um único paciente com hemiparesia do membro superior pós-AVC para auxiliar o treinamento da prática física e prática mental de movimentos realizados com o membro superior parético (flexão-extensão de punho e de cotovelo e rotação de antebraço). O treinamento foi realizado em duas etapas, sendo a primeira em laboratório e a segunda no domicílio do paciente. Cada uma das etapas foi realizada 3 vezes por semana, por 4 semanas com as sessões durando 1 hora. Os autores observaram um aumento na amplitude de movimento e da força do punho parético; na pontuação das escalas para avaliação motora após a etapa laboratorial, que se sustentaram após a etapa domiciliar. Também ocorreu aumento na precisão do movimento de flexão/extensão do punho após a etapa laboratorial que se perdeu após a etapa domiciliar.

Apesar da existência de trabalhos apontando para um benefício da PM sobre a capacidade de movimento funcional dos pacientes, existem poucos estudos que utilizaram a PM, associada ou não com a prática física, e compararam com tarefas ou grupos controle^{41,46,47,50,53-56}. Da mesma maneira que os trabalhos anteriores, esses estudos sugerem que a inclusão de um protocolo com a PM associado à prática física pode melhorar a utilização do membro afetado, com melhora funcional para realização das AVDs^{41,47,50,55}. E mesmo o treinamento mental, sem a associação com a prática física, é capaz de promover a retenção da habilidade de realizar os movimentos treinados com consequente melhora da função motora⁴⁶.

Dessa forma, a maioria dos estudos utiliza a PM como ferramenta para a recuperação da função do membro superior afetado. No entanto, a PM também pode

ser utilizada para melhora da marcha. Pesquisadores avaliaram dezessete pacientes hemiparéticos pós-AVC que receberam supervisão domiciliar durante 15 a 20 min, 3 vezes por semana ao longo de 6 semanas⁴⁸. Os autores mostraram que após 6 semanas de treinamento houve um aumento significativo na velocidade média da marcha, no comprimento da passada, no comprimento do passo parético, no comprimento do passo do membro são, na cadência média, na amplitude de movimento do joelho parético, na simetria da marcha e na habilidade e independência da marcha. Além disso, houve redução significativa no tempo de apoio duplo. Os autores também investigaram o efeito do treinamento após um período de 3 semanas e observaram que apenas o ganho da velocidade média e da simetria da marcha se mantiveram estáveis. Outro trabalho mais recente também investigou a eficácia da PM na melhora da marcha⁵¹. No grupo experimental, os pacientes realizaram um treinamento com prática mental de treino de marcha usando um vídeo, além de fisioterapia convencional. Já no grupo controle, os pacientes realizaram a visualização de um documentário, além de fisioterapia convencional. O treinamento foi realizado 5 vezes por semana, durante 4 semanas. Os autores observaram que após o treinamento, a comparação entre o grupo experimental e controle mostrou que o grupo experimental apresentou maior aumento da velocidade da marcha, do comprimento da passada do membro parético e do membro são, da amplitude de rotação do quadril são e dos indicadores de melhora funcional da marcha. Além disso, o grupo experimental também apresentou maior redução na duração total do ciclo de marcha em relação ao grupo controle.

Uma questão importante sobre a PM, e ainda contraditória na literatura, é o fato dos benefícios funcionais se estenderem ou não para as funções não treinadas. Segundo uma revisão⁶⁷, essa melhora ocorre tanto para as atividades treinadas, quanto para outras funções que não fizeram parte do programa específico de treinamento. Entretanto, em outro trabalho³⁸ os autores demonstraram que a PM melhora o desempenho somente das tarefas motoras que foram treinadas, não havendo transferência para outras atividades motoras.

Outros pontos relevantes sobre a PM é que esta pode ser influenciada por alguns fatores, incluindo a ida-

de, o local da lesão, tempo desde o AVC e o prejuízo cognitivo do paciente. Indivíduos mais idosos apresentaram pior capacidade para simular mentalmente tarefas motoras do que indivíduos mais novos, principalmente com a utilização da estratégia cinestésica⁴⁵. Entretanto, outro estudo aponta que o prejuízo nos idosos parece ser pior para imaginar visualmente o movimento. Deve-se chamar atenção, então, para o fato de que a maior parte dos estudos que faz uso da PM na reabilitação motora utiliza indivíduos mais idosos.

Em relação ao local da lesão, algumas condições patológicas podem afetar a própria representação de movimento ou o acesso consciente a essas representações. Lesões no mesencéfalo, no cerebelo e no córtex motor primário, afetam a similaridade temporal entre execução e a imagética motora, tornando mais lenta a execução de movimentos em relação à simulação mental dos mesmos. Já as lesões da área parietal levam a uma dissociação entre execução e imaginação dos movimentos do membro contralateral à lesão, principalmente na imagética motora cinestésica⁶⁸. Série de casos foram descritas com diferentes protocolos de neuroreabilitação⁴². Um indivíduo realizou apenas a PM e apresentou uma pequena melhora nas avaliações funcionais, sem evidência de uma melhora clínica e com padrão de ativação cerebelar à direita – vista na fMRI. Outro paciente recebeu somente a TRIM, e apresentou melhora no desempenho motor do membro superior parético. Apresentou ainda um aumento na ativação cortical bilateral nas áreas motora e pré-motora, durante a execução dos movimentos de flexão e extensão do dedo da mão, e das áreas motora, occipital e parietal inferior contralateral durante a imaginação dos movimentos. Outros indivíduos que receberam a PM associada à TRIM, e observou-se pequena melhora na função do membro superior afetado no indivíduo com lesão parietal, enquanto que o indivíduo sem lesão parietal apresentou melhora clínica significativa, com ativação focal do córtex motor primário contralateral ao executar os movimentos.

Adicionalmente, alguns estudos têm sugerido que a PM é mais eficaz nos estágios precoces da recuperação pós-lesão neurológica, visto que a reorganização cerebral é mais evidente nesta fase^{40,53,68}. Esses dados são reforçados por estudos que acreditam que ao intervir em indivíduos crônicos há maior limitação quanto aos efeitos da

recuperação espontânea^{37,47}. Um estudo relatou 2 casos de pacientes pós-AVC agudos que foram submetidos a um protocolo de 3 semanas com PM⁴⁰. Após completar o protocolo, os pacientes melhoraram o desempenho nas tarefas treinadas e não-treinadas. Além disso, os resultados indicaram que os sujeitos aumentaram a atenção e o processamento sequencial, mas não melhoraram em outras funções cognitivas. Esses resultados sugerem que a PM parece ser efetiva no reaprendizado de pacientes pós-AVC, provavelmente, mediado pela melhora da atenção e do planejamento motor.

Um trabalho recente⁵³, utilizando 121 pacientes pós-AVC agudo, sugeriu que a PM com imagética motora não melhora a recuperação motora nesses pacientes. Neste estudo, os pacientes foram divididos em 3 grupos: o grupo experimental realizou um protocolo de PM que envolvia treinamento diário supervisionado além de treinamento domiciliar, duas vezes por semana. As tarefas incluíam seqüências de movimentos elementares, como abrir e fechar a mão, movimentos direcionados, como alcançar, segurar e levantar objetos e AVDs, como passar roupas. Os outros 2 grupos realizaram um protocolo controle, que envolvia o treinamento mental de tarefas que não envolviam o controle de movimentos em treinamento adicional. Todos os 3 grupos foram treinados por quatro semanas consecutivas e não houve diferença significativa entre os grupos, tanto no início do estudo quanto após 4 semanas, em relação a escala *Action Research Arm Test* (ARAT), força de preensão manual, velocidade no teste de destreza, Índice de Barthel e quanto ao Perfil de Limitação Funcional.

Alguns estudos não se preocupam com a interferência do estágio da lesão na eficácia da PM, e incluem pacientes tanto no estágio agudo quanto no crônico. Em um recente estudo⁵² foram utilizados 36 indivíduos hemiparéticos pós-AVC, com o tempo desde o evento variando de 4 a 12 semanas, com o objetivo de avaliar o papel da imagética motora na recuperação funcional do membro superior desses indivíduos. Para tal, os participantes foram divididos em dois grupos. O grupo A foi submetido a um protocolo de reabilitação convencional (fisioterapia e terapia ocupacional) durante 3 semanas e a um protocolo com reabilitação convencional e imagética motora nas 3 semanas seguintes. Para o grupo B, no

entanto, a ordem dos protocolos foi invertida. Ambos os grupos tiveram a função do membro superior parético medida através de escalas de funcionalidade no início, após 3 semanas e após 6 semanas de tratamento. Após as 3 primeiras semanas, o grupo B apresentou uma melhora significativa da função do membro superior parético em relação ao grupo A. Essa diferença foi mínima após a sexta semana. Esses resultados indicam que o treinamento precoce incluindo a simulação mental de movimentos pode ser mais efetivo para a recuperação motora do membro superior de pacientes pós-AVC do que o treinamento convencional.

Outro aspecto que deve ser considerado é a modalidade da imagética motora para a PM, em função da diferença de ativação cortical entre as estratégias de simulação visual e cinestésica já demonstrada na literatura. Os resultados obtidos em diferentes experimentos sugerem que ao utilizar a prática mental para desempenhar uma tarefa, a estratégia visual é melhor para tarefas que enfatizam a forma, enquanto que a cinestésica é melhor para aquelas tarefas que enfatizam os aspectos temporais e/ou a coordenação bimanual²⁷. Essa diferença pode, portanto, explicar os resultados contraditórios encontrados na literatura em relação aos benefícios da PM cinestésica e visual, em pacientes pós-AVC. No intuito de reduzir essas contradições, questionários validados, como “*Vividness of Movement Imagery Questionnaire*”, devem ser utilizados a fim de determinar a estratégia de imagética motora mais adequada para cada sujeito³³.

Diferentes de outras técnicas de reabilitação passivas ou ativas, a PM não depende que o paciente mantenha a capacidade de movimento, mas que tenha somente a intenção de realizar alguma tarefa motora⁶⁸. Dessa maneira, alguns estudos avaliam o estado cognitivo dos indivíduos antes de começarem o protocolo de treinamento e o utilizam como critério de exclusão, visto que as lesões cerebrais podem levar a comprometimentos cognitivos que impossibilitem o uso deste tipo de tratamento^{35,40,41,49,50,52,66}.

Diversas investigações tentam justificar os achados pela modificação plástica nos circuitos neurais motores, além do aprendizado motor e das melhoras do desempenho no processo de reabilitação física, em especial nos processos de recuperação das áreas cerebrais envolvidas

com a motricidade, pós-lesão do sistema nervoso central, como explicação fisiológica para a eficácia da PM^{36,39,45}. Alguns autores sugerem que existem evidências para uma redistribuição funcional subsequente ao treinamento com imagética motora em indivíduos saudáveis, mostrando que esse treinamento é capaz de promover modulação dos circuitos neurais levando as mesmas mudanças plásticas no sistema motor observadas com a prática física³⁶.

A duração ideal da sessão da PM foi recentemente investigada⁵⁴. Três protocolos de PM com diferentes durações – 20, 40 e 60 minutos foram testados e comparados com um protocolo de técnicas de relaxamento. Vinte e nove sujeitos pós-AVC crônico recebiam 30 minutos de fisioterapia convencional. Em seguida, poderiam realizar PM durante 20, 40 ou 60 minutos, enfatizando os movimentos previamente executados ou poderiam realizar técnicas de relaxamento. A avaliação com a Escala de Fugl-Meyer (FM) mostrou um aumento da pontuação relacionado com aumento da duração da PM (i.e., o grupo que realizou a PM por 60 minutos teve um maior aumento na pontuação na FM, em relação ao grupo que realizou a PM durante 20 e 40 min). No entanto, outra escala motora (a ARAT) não mostrou diferença entre as três condições de PM. Os grupos que realizaram a PM apresentaram maior pontuação nas duas escalas do que o grupo controle, que realizava somente técnicas de relaxamento por 20 minutos. Estes resultados indicam que 60 minutos de PM parece reduzir significativamente as limitações funcionais do membro superior parético. Contudo, a frequência do treinamento e o período decorrente após a lesão em que este deveria ser aplicado são questões que ainda permanecem em aberto na literatura para uma maior eficácia da PM nos programas de reabilitação motora de pacientes pós-AVC.

CONCLUSÃO

Ao revisarmos a literatura de simulação mental, é importante destacar que existem poucos trabalhos utilizando tarefas que envolvem movimentos de ajustes posturais do corpo, ao contrário do grande número de artigos que empregam a imagética motora associada ao membro superior em ações executadas e simuladas. Além disso, a maioria das evidências da prática com a imagética motora mostra melhoras no desempenho motor de indi-

vídus com seqüela motora proveniente de AVC, quando aplicada sozinha, ou principalmente quando associada à prática física.

Futuras investigações deverão ser realizadas a fim de determinar as diretrizes para a utilização da prática mental de movimentos na reabilitação física, incluindo a duração adequada para cada sessão de tratamento, o tempo total de tratamento e os efeitos da utilização das diferentes estratégias durante a prática mental. Outra questão relevante que deve ser estudada é se os benefícios da PM são sustentados a longo prazo e o quanto este treinamento é capaz de afetar o desempenho nas atividades da vida diária.

REFERÊNCIAS

- Jeannerod M. Mental imagery in the motor context. *Neuropsychologia* 1995;3:1419-32.
[http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932\(95\)00073-C](http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932(95)00073-C)
- Jeannerod M, Decety J. Mental motor imagery: a window into the representational stages of action. *Curr Opin Neurobiol* 1995;5:727-32.
[http://dx.doi.org/10.1016/0959-4388\(95\)80099-9](http://dx.doi.org/10.1016/0959-4388(95)80099-9)
- Jeannerod M. Neural simulation of action: A unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage* 2001;14:103-9.
<http://dx.doi.org/10.1006/nimg.2001.0832>
- Grèzes J, Decety J. Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: a meta-analysis. *Hum Brain Mapp* 2001;12:1-19.
[http://dx.doi.org/10.1002/1097-0193\(200101\)12:1<1::AID-HBM10>3.0.CO;2-V](http://dx.doi.org/10.1002/1097-0193(200101)12:1<1::AID-HBM10>3.0.CO;2-V)
- Roland PE, Skinhoj E, Lassen NA, Larsen B. Different cortical areas in man in organization of voluntary movements in extrapersonal space. *J Neurophysiol* 1980;43:137-50.
- Decety J, Michel F. Comparative analysis of actual and mental movement times in two graphic tasks. *Brain Cogn* 1989;11:87-97.
[http://dx.doi.org/10.1016/0278-2626\(89\)90007-9](http://dx.doi.org/10.1016/0278-2626(89)90007-9)
- Decety J, Jeannerod M, Prablanc C. The timing of mentally represented actions. *Behav Brain Res* 1989;34:35-42.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0166-4328\(89\)80088-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0166-4328(89)80088-9)
- Decety J, Jeannerod M, Durozard D, Baverel G. Central activation of autonomic effectors during mental simulation of motor actions in man. *J Physiol* 1993;461:549-63.
- Decety J, Perani D, Jeannerod M, Bettinardi V, Tadary B, Woods R, et al. Mapping motor representations with positron emission tomography. *Nature* 1994;371:600-2.
<http://dx.doi.org/10.1038/371600a0>
- Stephan KM, Fink GR, Passingham RE, Silbersweig D, Ceballos-Baumann AO, Frith CD, et al. Functional anatomy of the mental representation of upper extremity movements in healthy subjects. *J Neurophysiol* 1995;73:373-86.
- Grafton ST, Arbib MA, Fadiga L, Rizzolatti G. Localization of grasp representations in humans by positron emission tomography. 2. Observation compared with imagination. *Exp Brain Res* 1996;112:103-11.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF00227183>
- Rizzolatti G, Fadiga L, Matelli M, Bettinardi V, Paulesu E, Perani D, et al. Localization of grasp representations in humans by PET: 1. Observation versus execution. *Exp Brain Res* 1996;111:246-52.
- Deiber MP, Ibañez V, Honda M, Sadato N, Raman R, Hallett M. Cerebral processes related to visuomotor imagery and generation of simple finger movements studied with positron emission tomography. *Neuroimage* 1998;7:73-85.
<http://dx.doi.org/10.1006/nimg.1997.0314>
- Fadiga L, Buccino G, Craighero L, Fogassi L, Gallese V, Pavesi G. Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study. *Neuropsychologia* 1999;37:147-58.
- Lotze M, Montoya P, Erb M, Hülsmann E, Flor H, Klose U, et al. Activation of cortical and cerebellar motor areas during executed and imagined hand movements: an fMRI study. *J Cogn Neurosci* 1999;491-501.
<http://dx.doi.org/10.1162/089892999563553>
- Gerardin E, Sirigu A, Lehericy S, Poline JB, Gaymard B, Marsault C, et al. Partially overlapping neural networks for real and imagined hand movements. *Cereb Cortex* 2000;10:1093-104.
<http://dx.doi.org/10.1093/cercor/10.11.1093>
- Oishi K, Kasai T, Maeshima T. Autonomic response specificity during motor imagery. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2000;19:255-61.
<http://dx.doi.org/10.2114/jpa.19.255>
- Paccalin C, Jeannerod M. Changes in breathing during observations of effortful actions. *Brain Res* 2000;862:194-200.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0006-8993\(00\)02145-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-8993(00)02145-4)
- Porro CA, Francescato MP, Cettolo V, Diamond ME, Baraldi P, Zuiani C, et al. Primary motor and sensory cortex activation during motor performance and motor imagery: a functional magnetic resonance imaging study. *J Neurosci* 1996;16:7688-98.
- Boecker H, Ceballos-Baumann AO, Bartenstein P, Dagher A, Forster K, Haslinger B, et al. A H(2)(15)O positron emission tomography study on mental imagery of movement sequences--the effect of modulating sequence length and direction. *Neuroimage* 2002;17:999-1009.
<http://dx.doi.org/10.1006/nimg.2002.1139>
- Stippich C, Ochmann H, Sartor K. Somatotopic mapping of the human primary sensorimotor cortex during motor imagery and motor execution by functional magnetic resonance imaging. *Neurosci Lett* 2002;331:50-4.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3940\(02\)00826-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3940(02)00826-1)
- Caldara R, Deiber MP, Andrey C, Michel CM, Thut G, Hauert CA. Actual and mental motor preparation and execution: A spatiotemporal ERP study. *Exp Brain Res* 2004;159:389-99.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00221-004-2101-0>
- Dechent P, Merboldt KD, Frahm J. Is the human primary motor cortex involved in motor imagery? *Cogn Brain Res* 2004;19:138-44.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2003.11.012>
- Solodkin A, Hlustik P, Chen EE, Small SL. Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery. *Cereb Cortex* 2004;14:1246-55.
<http://dx.doi.org/10.1093/cercor/bhh086>
- Ruby P, Decety J. Effect of subjective perspective taking during simulation of action: a PET investigation of agency. *Nat Neurosci* 2001;4:546-50.
- Sirigu A, Duhamel JR. Motor and visual imagery as two complementary but neurally dissociable mental processes. *J Cogn Neurosci* 2001;13:910-9.
<http://dx.doi.org/10.1162/089892901753165827>
- Féry Y. Differentiating visual and kinesthetic imagery in mental practice. *Can J Exp Psych* 2003;57:1-10.

- <http://dx.doi.org/10.1037/h0087408>
28. Neuper C, Scherer R, Reiner M, Pfurtscheller G. Imagery of motor actions: Differential effects of kinesthetic and visual motor mode of imagery in single-trial EEG. *Cogn Brain Res* 2005;25:668-77.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.08.014>
29. Fourkas AD, Avenanti A, Urgesi C, Aglioti SM. Corticospinal facilitation during first and third person imagery. *Exp Brain Res* 2006;168:143-51.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00221-005-0076-0>
30. Stinear CM, Byblow WD, Steyvers M, Levin O, Swinnen SP. Kinesthetic, but not visual, motor imagery modulates corticomotor excitability. *Exp Brain Res* 2006;168:157-64.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00221-005-0078-y>
31. Stecklow MV, Infantosi AFC, Cagy M. Alterações na banda alfa do eletroencefalograma durante imagética motora visual e cinestésica. *Arq Neuropsiquiatr* 2007;65:1084-8.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0004-282X2007000600034>
32. Guillot A, Collet C, Nguyen VA, Malouin F, Richards C, Doyon J. Brain activity during visual versus kinesthetic imagery: An fMRI study. *Hum Brain Mapp* 2009;30:2157-72.
<http://dx.doi.org/10.1002/hbm.20658>
33. Malouin F, Richards CL, Durand A. Normal aging and motor imagery vividness: implications for mental practice training in rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:1122-7.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2010.03.007>
34. Stecklow MV, Infantosi AFC, Cagy M. EEG changes during sequences of visual and kinesthetic motor imagery. *Arq Neuropsiquiatr* 2010;68:556-61.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0004-282X2010000400015>
35. Page SJ, Levine P, Sisto SA, Johnston MV. Mental practice combined with physical practice for upper-limb motor deficit in subacute stroke. *Phys Ther* 2001;81:1455-62.
36. Jackson PL, Lafleur MF, Malouin F, Richards CL, Doyon J. Functional cerebral reorganization following motor sequence learning through mental practice with motor imagery. *Neuroimage* 2003;20:1171-80.
[http://dx.doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00369-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00369-0)
37. Stevens JA, Stoykov MEP. Using motor imagery in the rehabilitation of hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84:1090-2.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993\(03\)00042-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993(03)00042-X)
38. Dijkerman HC, Ietswaart M, Johnston M, Mac Walter RS. Does motor imagery training improve hand function in chronic stroke patients? A pilot study. *Clin Rehabil* 2004;18:538-49.
<http://dx.doi.org/10.1191/0269215504cr769oa>
39. Johnson-Frey SH. Stimulation through simulation? Motor imagery and functional reorganization in hemiplegic stroke patients. *Brain Cogn* 2004;55:328-31.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2004.02.032>
40. Liu KPY, Chan CCH, Lee TMC, Hui-Chan CWY. Mental imagery for relearning of people after brain injury. *Brain Inj* 2004;18:1163-72.
<http://dx.doi.org/10.1080/02699050410001671883>
41. Page SJ, Levine P, Leonard AC. Effects of mental practice on affected limb use and function in chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86:399-402.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2004.10.002>
42. Butler AJ, Page SJ. Mental practice with motor imagery: Evidence for motor recovery and cortical reorganization after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87:S2-11.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2006.08.326>
43. Gaggioli A, Meneghini A, Morganti F, Alcaniz M, Riva G. A strategy for computer-assisted mental practice in stroke rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair* 2006;20:503-7.
<http://dx.doi.org/10.1177/1545968306290224>
44. Hewett TE, Ford KR, Levine P, Page SJ. Reaching kinematics to measure motor changes after mental practice in stroke. *Top Stroke Rehabil* 2007;14:23-9.
<http://dx.doi.org/10.1310/tsr1404-23>
45. Mulder T, Hochstenbach JBH, Van Heuvelen MJG, Den Otter AR. Motor imagery: The relation between age and imagery capacity. *Hum Mov Sci* 2007;26:203-11.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2007.01.001>
46. Müller K, Bütetfisch CM, Seitz RJ, Hömberg V. Mental practice improves hand function after hemiparetic stroke. *Restor Neurol Neurosci* 2007;25:501-11.
47. Page SJ, Levine P, Leonard AC. Mental practice in chronic stroke – Results of a randomized, placebo-controlled trial. *Stroke* 2007;38:1293-7.
<http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.0000260205.67348.2b>
48. Dunsky A, Dickstein R, Marcovitz E, Levy S, Deutsch JE. Home-based motor imagery training for gait rehabilitation of people with chronic post stroke hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:1580-8.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2007.12.039>
49. Page SJ, Szafarski JP, Eliassen JC, Pan H, Cramer SC. Cortical plasticity following motor skill learning during mental practice in stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2009a;32:382-8.
50. Page SJ, Levine P, Khoury JC. Modified Constraint-Induced Therapy Combined With Mental Practice – Thinking Through Better Motor Outcomes. *Stroke* 2009b;40:551-4.
<http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.108.528760>
51. Hwang S, Jeon HS, Yi CH, Kwon OY, Cho SH, You SH. Locomotor imagery training improves gait performance in people with chronic hemiparetic stroke: a controlled clinical trial. *Clin Rehabil* 2010;24:514-22.
<http://dx.doi.org/10.1177/0269215509360640>
52. Riccio I, Iolascon G, Barillari MR, Gimigliano R, Gimigliano F. Mental practice is effective in upper limb recovery after stroke: a randomized single-blind cross-over study. *Eur J Phys Rehabil Med* 2010;46:19-25.
53. Ietswaart M, Johnston M, Dijkerman HC, Joice S, Scott CL, Macwalter RS, Hamilton SJC. Mental practice with motor imagery in stroke recovery: randomized controlled trial of efficacy. *Brain* 2011;134:1373-86.
<http://dx.doi.org/10.1093/brain/awr077>
54. Page SJ, Dunning K, Hermann V, Leonard A, Levine P. Longer versus shorter mental practice sessions for affected upper extremity movement after stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2011;25:627-37.
<http://dx.doi.org/10.1177/0269215510395793>
55. Bastos AF, Carrapatoso BC, Orsini M, Leite MAA, da Silva JC, Souza GGL. Functional Recovery of Upper Limb Post-Stroke: Mental Practice with Motor and Non-Motor Imagery. *Am Med J* 2012;3:50-5.
<http://dx.doi.org/10.3844/amjsp.2012.50.55>
56. Yue G, Cole KJ. Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *J Neurophysiol* 1992;67:1114-23.
57. Jeannerod M. *The cognitive neuroscience of action*. New York: Blackwell Publishers, 1997.
58. Maravita A, Iriki A. Tools for the body (schema). *Trends Cogn Sci* 2004;8:79-86.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2003.12.008>
59. Röder B, Kusmierek A, Spence C, Schicke T. Developmental vision determines the reference frame for the multisensory control of action. *PNAS* 2007;104:4753-8.
<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0607158104>
60. Sodian B, Thoenner C, Metz U. Now I see it but you don't: 14-month-olds can represent another person's visual perspective. *Dev Sci* 2007;10:199-204.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00580.x>

61. Zhahele T, Jordan K, Wüstenberg T, Baudewig J, Dechent P, Mast FW. The neural basis of the egocentric and allocentric spatial frame of reference. *Brain Res* 2007;1137:92-103.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2006.12.044>
62. Wexler M, Kosslyn SM, Berthoz A. Motor processes in mental rotation. *Cognition* 1998;68:77-94.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0010-0277\(98\)00032-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0010-0277(98)00032-8)
63. Wolbers T, Weiller C, Büchel C. Contralateral coding of imagined body parts in the superior parietal posterior. *Cereb Cortex* 2003;13:392-9.
<http://dx.doi.org/10.1093/cercor/13.4.392>
64. Decety J. The neurophysiological basis of motor imagery. *Behav Brain Res* 1996;77:45-52.
[http://dx.doi.org/10.1016/0166-4328\(95\)00225-1](http://dx.doi.org/10.1016/0166-4328(95)00225-1)
65. Stevens JA. Interference effects demonstrate distinct roles for visual and motor imagery during the mental representation of human action. *Cognition* 2005;95:329-50.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2004.02.008>
66. Pacheco M, Machado S, Lattari JE, Portella CE, Velasques B, Silva JG, et al. Efeitos da prática mental combinada à cinesioterapia em pacientes pós-acidente vascular encefálico: Uma revisão sistemática. *Rev Neurocienc* 2007;15:304-9.
67. Vries S, Mulder T. Motor imagery and stroke rehabilitation: A critical discussion. *J Rehabil Med* 2006;39:1-9.
68. Sharma N, Pomeroy VM, Baron J. Motor imagery: A backdoor to the motor system after stroke? *Stroke* 2006;37:1941-53.
<http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.0000226902.43357.fc>