

USO DA NEUROIMAGEM NA IMAGÉTICA MOTORA APÓS ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

USE OF NEUROIMAGING IN MOTOR IMAGERY AFTER STROKE: A SYSTEMATIC REVIEW

Ada Salvetti Cavalcanti Caldas¹, Daniele Andrade da Cunha², Hilton Justino da Silva³

RESUMO

OBJETIVO: Identificar estudos que compilem os achados de neuroimagem após Acidente Vascular Encefálico durante o treinamento com Imagética Motora (IM). **MÉTODO:** Foram realizadas buscas nas seguintes bases de artigos: Medline, através da PUBMED; SCOPUS e Web of Science. Os descritores utilizados para a presente revisão sistemática da literatura foram: “Functional Neuroimaging” (MESH); “Neuroimaging” (MESH); “Motor imagery” (termo livre); “Mental Practice” (termo livre); “Stroke” (MESH). **RESULTADOS:** Dos 222 artigos encontrados, 11 foram selecionados: 10 usaram fMRI, e 01 usou EEG. As áreas cerebrais mais estudadas foram as áreas motoras, destacando-se M1 (72,7%), PM (63,6%) e SMA (54,5%). Os estudos de forma geral registraram que após a IM houve maior conectividade entre essas áreas, principalmente quando associada a execução motora. **CONCLUSÕES:** Essa revisão auxiliou na compilação do conhecimento das áreas cerebrais envolvidas durante a IM através de estudos de neuroimagem. A IM parece estar envolvida com as áreas cerebrais motoras. Supõe-se ainda que a IM promove conexões neurais mais fortes quando associada a execução motora. A homogeneização da amostra principalmente com relação ao tempo de AVE e área cerebral da lesão, são pontos a serem melhor explorados em estudos futuros. A estratégia de associar a IM a execução motora parece ser eficaz para reabilitação de indivíduos pós-AVE.

Palavras-chave: Imagética Motora; Prática Mental; AVE; Neuroimagem.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To identify studies that compile neuroimaging findings after Stroke during training with Motor Imagery (MI). **METHODS:** Searches were carried out in the following article databases: Medline, through PUBMED; Scopus and Web of Science. The descriptors used for this systematic literature review were: "Functional Neuroimaging" (MESH); "Neuroimaging" (MESH); "Motor imagery" (free word); "Mental Practice" (free word); "Stroke" (MESH). **RESULTS:** Of the 222 articles found, 11 were selected: 10 used fMRI and 01 used EEG. The most studied brain areas were the motor areas, especially M1 (72.7%), MP (63.6%) and SMA (54.5%). The studies generally reported that after MI was greater connectivity between these areas, especially when associated with motor execution. **CONCLUSIONS:** This review assisted in the compilation of knowledge of brain areas involved in the MI by neuroimaging studies. MI appears to be involved in the motor areas of the brain. It was assumed further that the MI promotes stronger neural connections when associated with motor execution. The homogenization of the sample especially with respect to time of stroke and brain lesion area, are points to be further explored in future studies. The strategy of linking MI appears motor execution to be effective for rehabilitation of post stroke individual.

Keywords: Motor Imagery; Mental Practice; Stroke; Neuroimaging.

¹ Mestre em Patologia pela Universidade Federal de Pernambuco - Estudante de Pós-graduação (doutorado) em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento pela Universidade Federal de Pernambuco – Recife/PE Brasil – adasc@hotmail.com

² Doutora em Nutrição pela Universidade Federal de Pernambuco - Professora adjunta A do departamento de Fonoaudiologia na Universidade Federal de Pernambuco – Recife/PE Brasil – dhanyfono@hotmail.com

³ Doutor em Nutrição pela Universidade Federal de Pernambuco – Professor adjunto IV do departamento de fonoaudiologia na Universidade Federal de Pernambuco – Recife/PE Brasil – hiltonfono@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) apresenta uma elevada incidência e constitui a principal causa de incapacidade no mundo ⁽¹⁾. As alterações mais comuns permeiam o comprometimento funcional com persistente déficit motor ⁽²⁾, repercutindo na execução das atividades de vida diárias (AVD), profissionais e sociais do indivíduo ⁽³⁾.

Treinamentos motores que favoreçam a reorganização cortical e recuperação funcional ⁽⁴⁾ através de tarefas específicas e repetidas são estratégias de reabilitação do paciente pós-AVE. Nos últimos anos intensificaram-se as pesquisas com técnicas inovadoras, associadas a abordagens convencionais, principalmente no campo das afecções neurológicas ^(5,6,7).

Dentre os tipos de treinamentos motores recentes, destaca-se a Imagética Motora (IM). A IM pode ser conceituada como um estado dinâmico durante o qual a representação de uma ação motora específica é internamente ativada dentro de uma memória de trabalho sem nenhuma resposta motora ⁽⁸⁾, ou seja, o indivíduo imagina uma ação a ser realizada, descrevendo a sequência de movimentos necessária para executar essa tarefa sem de fato realizar qualquer movimento. Em seguida, a execução motora é realizada e estudos revelam que o desempenho após a imagética é mais eficiente ^(9,10).

A literatura sugere que a IM pode ser um instrumento terapêutico importante para facilitar a recuperação motora de indivíduos após lesão neurológica ^(8,11). Uma vez que a IM permite ativar o repertório motor em todos os níveis de reabilitação ⁽⁸⁾, podendo ser usada como estratégia de treinamento para o reaprendizado de Atividades de vida diária (AVD) ⁽¹²⁾. Este tipo de abordagem é considerado um ensaio mental de propriedades cinestésicas e/ou visuais dos movimentos ⁽⁸⁾, estando relacionada diretamente à ativação da área motora e áreas do córtex somatossensorial ⁽¹¹⁾.

A compreensão dos mecanismos corticais correlacionadas com a imagética motora são os objetivos de estudos de neuroimagem, bem como a identificação de redes neuronais envolvidas na execução de movimentos que também podem ser recrutadas durante a imaginação do movimento ^(13,14).

Diante disso, identificar estudos que compilem os achados de neuroimagem após AVE durante o treinamento com IM é o objetivo desse estudo. Acredita-se que o conhecimento das repercussões neurológicas da imagética motora no indivíduo com sequela de AVE possa trazer benefícios para a reabilitação desses pacientes, favorecendo tratamentos mais específicos.

MÉTODOS

Foram realizadas buscas nos seguintes bancos de dados: MEDLINE, através da PUBMED; SCOPUS e WEB OF SCIENCE. A busca ocorreu no período de abril a maio de 2016, sem restrição de período e considerando os idiomas português, inglês e espanhol. Foi elaborada uma estratégia específica para o cruzamento dos descritores (DeCS/MeSH) – palavras-chaves para recuperação de assuntos da literatura científica e termos-livres (TL) – termos não encontrados no DeCS e MeSH, mas de relevância para a pesquisa.

Em todas as bases de dados foi realizada uma estratégia de busca com a sintaxe: “Stroke” (MESH) AND “Motor Imagery” (TL) AND “Neuroimaging” (MESH); “Stroke” (MESH) AND “Motor Imagery” (TL) AND “Functional Neuroimaging” (MESH). Os cruzamentos acima também foram realizados com o termo livre “Mental Practice” substituindo o termo “Motor Imagery” (TL).

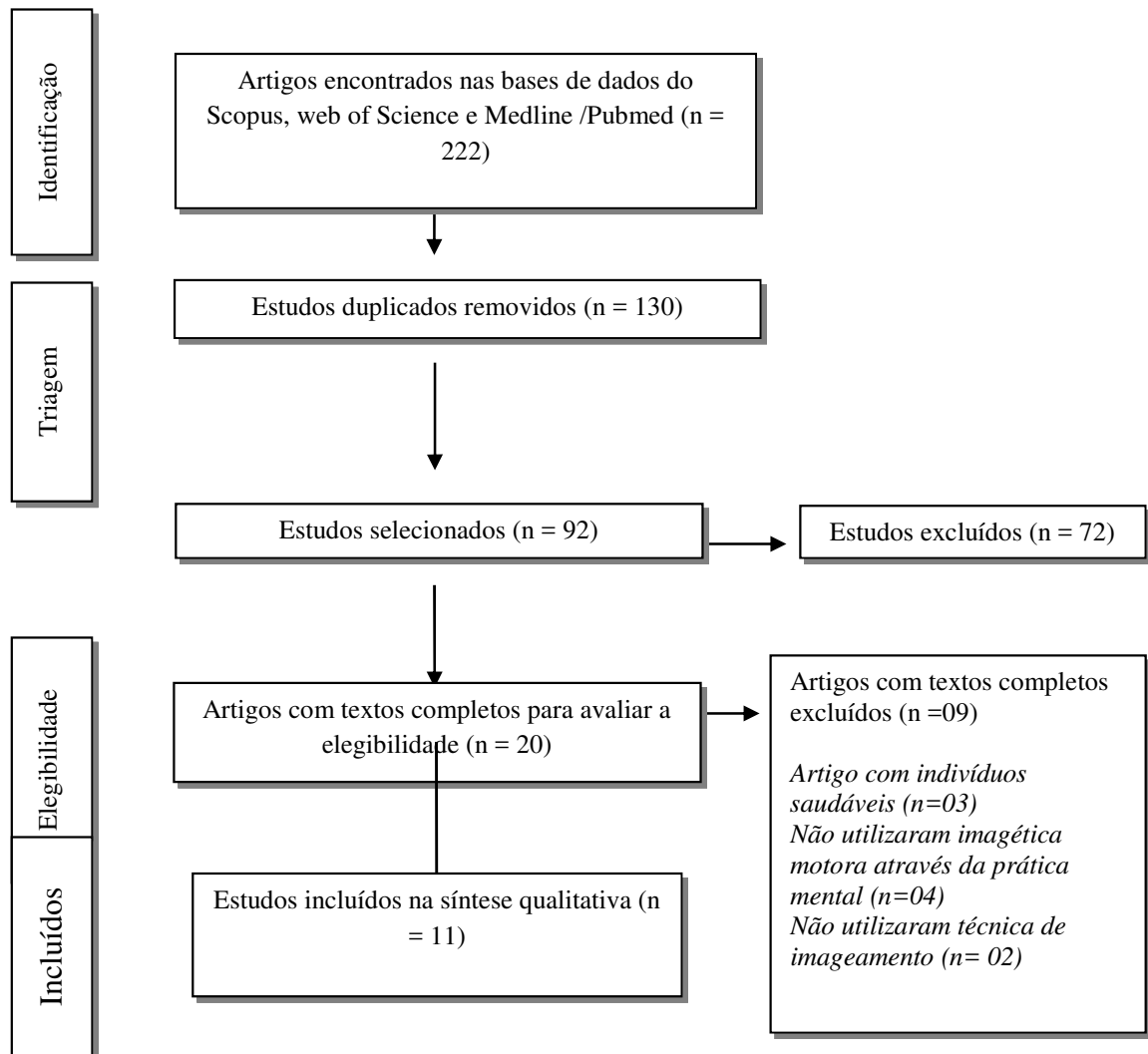
Os critérios de inclusão foram: ser artigos originais de pesquisas com seres humanos; estudos que utilizam a neuroimagem para identificar os efeitos da imagética motora em pacientes pós-AVE; artigos que utilizaram a imagética motora a através da prática mental.

Os critérios de exclusão: artigo de revisão, teses, dissertações, capítulos de livro ou livro; estudos que não descreveram a técnica de neuroimagem utilizada ou não trabalharam com a prática mental em indivíduos com seqüela de AVE.

A seleção dos artigos encontrados foi realizada em três etapas. Na primeira etapa, foi realizada a leitura dos títulos e excluídos aqueles não se enquadravam a qualquer um dos critérios de seleção. Na segunda etapa, foi realizada a leitura dos resumos dos estudos e na terceira etapa, todos os estudos que não foram excluídos foram lidos na íntegra para seleção dos que seriam incluídos nesta revisão.

O fluxograma, que mostra de forma detalhada este processo, segue o modelo do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)*⁽¹⁵⁾ (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma e critérios de seleção e inclusão dos artigo



RESULTADOS

Na base de dados MedLine, via PubMed, cruzando-se as palavras-chave e termos livre, foram encontrados 105 artigos, dos quais 52 trabalhos foram excluídos por repetição. Já na base SCOPUS foram encontrados 66 artigos (41 artigos repetidos). Na base de dados Web of Science encontrou-se 51 artigos, excluindo-se 37 por repetição. Do montante de artigos encontrados, a grande maioria são dos últimos cinco anos (2016 a 2012 - 67,36%) (**Quadro1**). Elegeu-se 11 estudos para participar desta revisão sistemática, após leitura completa do conteúdo de 20 artigos.

Quadro 1 - Caracterização de todos os artigos encontrados na pesquisa por Ano de publicação dos artigos e sua frequência nos bancos de dados

Ano de publicação do artigo	PUB/MED	SCOPUS	WEB OF SCIENCE	TOTAL (duplicados removidos)	
				n	(%)
2016	00	01	00	01	1,08
2015	21	14	08	18	19,56
2014	08	10	13	14	15,21
2013	11	11	08	17	18,47
2012	20	08	06	12	13,04
2011	03	01	05	03	3,26
2010	04	05	01	02	2,17
2009	08	06	00	04	4,34
2008	02	01	00	02	2,17
2007	04	02	00	03	3,26
2006	06	03	04	04	4,34
2005	04	03	02	03	3,26
2004	09	00	03	06	6,52
2002	02	00	00	01	1,08
2001	01	01	01	01	1,08
1998	02	00	00	01	1,08
Total	105	66	51	92	100

Para melhor apresentação dos resultados optou-se por considerar as seguintes variáveis dos artigos selecionados: autor/ano, sujeitos, grupos, idade, critérios de inclusão, critérios de exclusão, tempo de AVE, lado/área do AVE, avaliações funcionais, estratégia para imagética motora, técnica/imagem, áreas cerebrais estudadas e resultados (**Quadros 2 e 3**).

Os estudos selecionados em sua maioria (63,6%)^(2,16,17,18,19,20) foram publicados nos últimos 5 anos (2016-2013). Em média, o número de participantes foi de 19 sujeitos e, em 63,6% dos estudos^(16,17,18,20,21,22,23), esses voluntários estavam distribuídos em dois grupos (controle e experimental), tendo o grupo controle sido majoritariamente composto por indivíduos saudáveis (54,5%)^(16, 17, 20, 21, 22, 23). A idade dos participantes variou entre 55 e 67 anos naqueles com diagnóstico de AVE.

Os critérios de elegibilidade, semelhantes em alguns estudos, priorizaram incluir indivíduos com: histórico de um único AVE (45,5%)^(2,17,20,22,24); idade superior a 18 anos (45,5%)^(16,18,19,20,24); capacidade de realizar pelos menos 10 graus de movimentação de punho, de metacarpofalangeana e interfalangeanas (36,3%)^(16,18,19,24); dominância direita (27,2%)

(17,22,23); condições de realizar atividades motoras, tais como transferir-se, manter-se de pé e em equilíbrio (36,3%) (16,17,18,23).

As exclusões de participantes nos estudos selecionados foram similares com relação a ocorrência de histórico de alterações neurológicas prévias, bem como uso de medicamentos que afetem o funcionamento neurológico (45,5%) (2,16,17,21,22). Além disso, foi mais frequente a exclusão de indivíduos com alteração grave de linguagem (36,3%) (19, 21,22) e com tônus muscular elevado (36,3%) (2,19,24).

Com relação ao tempo transcorrido após o AVE, identificou-se estudo em que os participantes tinham diagnosticado o AVE há poucas semanas (2), como também se observou em outro manuscrito ter decorrido o tempo máximo de 126 meses após AVE (20), demonstrando ser um ponto de heterogeneidade entre os estudos. Tal como a área da lesão cerebral, sendo possível destacar dentre as 68 áreas citadas, as mais frequentes nos participantes dos estudos selecionados: cápsula interna (9; 13,2%); Ponte (9; 13,2%); Gânglios basais (6; 8,82%); tálamo (5; 7,35%); artéria cerebral média (4; 5,88%). Na maioria dos indivíduos com sequela de AVE, o comprometimento motor ocorreu no hemisfério direito (80; 66,6%).

As avaliações funcionais utilizadas pretendiam identificar o quadro funcional do voluntário com sequela de AVE ou verificar a recuperação sensório-motora após a intervenção com IM. A Escala de avaliação de Fugl-Meyer, exclusiva para indivíduos com sequela de AVE, foi a mais utilizada dentre os estudos selecionados (6; 54,4%) (2, 16,18,19, 23, 24), seguida do ARAT - Action Research Arm Test (4; 36,3%) (17,21,22, 24).

Os artigos que utilizaram a avaliação Fugl-Meyer, recorreram a uma parte da escala que avalia a função sensorial e motora apenas dos membros superiores. Ela tem 33 itens que pontua atividade reflexa, movimentação voluntária, sinergia flexora e extensora, movimento combinado com sinergia, movimentação de punho e mão, além de coordenação e velocidade. Cada item é pontuado numa escala de 0 a 2, num total de 66 pontos, em que quanto maior o escore menor o nível de comprometimento sensório-motor.

TÉCNICA DE IMAGEAMENTO

Evidencia-se que a Ressonância Magnética Funcional (fMRI) foi a técnica de imageamento utilizada em quase todos os estudos dessa revisão, estando presente em 90,9% dos artigos analisados.

No detalhamento da técnica, observou que a maioria (70,0%) das máquinas de Ressonância Magnética operavam com 3 Tesla^(16,17, 18, 20, 21, 22, 23). Enquanto em um estudo foi utilizada máquina com 1,5 Tesla⁽¹⁹⁾ e em outro com 4 Tesla⁽²⁴⁾.

A tarefa solicitada para imageamento funcional por fMRI em grande parte dos estudos (60%) esteve relacionada a realização de movimentos de dedos, com oponente entre os dedos indicador e polegar, obedecendo uma sequência de ações, que ora era executada e ora imaginada através da IM^(13,17,18,20,21,22). Nos demais manuscritos, as estratégias variaram entre movimentação de punho^(23,24), antebraço⁽¹⁹⁾ e repouso⁽¹⁶⁾.

Dos artigos que utilizaram a fMRI, o software para processamento da imagem mais utilizado foi SPM8 e SPM5 - Statistical Parametric Mapping software (60%)^(16,18, 19,20,21,22). E a normalização e transformação das imagens em um modelo espacial foram realizadas em sua maioria (60%) com referência no modelo MNI – Montreal Neurological Institute^(16,17,19,20,21,22).

Nesta revisão, um único estudo⁽²⁾ optou por utilizar o Eletroencefalograma (EEG), com o objetivo de avaliar a reorganização cerebral após o AVE, observado as múltiplas variedades da rede neuronal durante a IM de movimentos da mão afetada. A IM foi direcionada através de sugestões visuais mostradas em um vídeo, no qual o participante tentaria agarrar uma bola vermelha quando esta estivesse em uma determinada área do vídeo. Os dados de EEG foram continuamente adquiridos em um sistema comercial (Brainproduct GmbH, Munique, Alemanha) com um 200 Hz de frequência de amostragem e analisadas através do software Vision Analyzer software (Brainproduct GmbH, Munich, Germany).

Identificou-se ainda que para propor a imagética motora através de exercício repetidos de prática mental, a maioria dos estudos utilizaram-se da estratégia de imaginar essas sequências de movimentos durante a realização do exame de imageamento (8; 72,2%)^(2,13,17,19,20,21,22,23) propuseram intervenção através da prática mental, tratando os indivíduos com sequela de AVE com IM de Atividades da Vida Diária (AVD).

Bajaj et al (2015a; 2015b)^(16,18) solicitaram que seus voluntários realizassem a IM durante 4 horas por dia, guiados por um áudio num total de 60 horas em três semanas. Ele dividiu os indivíduos com sequela de AVE em dois grupos, um grupo praticou apenas a IM e o outro realizou a IM associada a EM. As AVD estavam relacionadas a atividades de cuidado pessoal, alimentação e atividade doméstica.

Page et al (2009)⁽²⁴⁾ também propuseram a realização de AVD que normalmente são difíceis de serem realizadas pelos indivíduos com AVE, tais como pentear e escovar o cabelo;

virar a página de um livro; escrever; utilizar talheres e segurar um copo, e por isso significativas para essa população. Os autores referem que são atividades que são motivadoras e requerem o uso bimanual, favorecendo a integração entre o lado hemiparético e o não-afetado. Nesse estudo, a EM ocorreu durante meia hora, três vezes por semanas, durante dez semanas, sendo cada tarefa praticada por duas semanas. A IM foi realizada após cada sessão de EM, durante 20-30 minutos, organizada em duas etapas: (1) relaxamento e (2) imaginação das AVD praticadas.

No que se refere às áreas cerebrais estudadas, destacaram-se as seguintes áreas motoras: Motor Primário (M1) (72,7%)^(16,17,18,20,21,22,23,24); Pré-Motor (PM) (63,6%)^(13,17,18,20,21,22,24); Área motora Suplementar (SMA) (54,5%)^(16,18,20,21,22,23). As demais regiões foram: parietal (36,6%)^(2,17,19,22); Somatossensorial e córtex sensorial (27,2%)^(2,19,22); Cerebelo (18,1%)^(19,22); frontal (9,09%)⁽²²⁾ e occipital (9,09%)⁽¹³⁾.

Os resultados encontrados nos estudos em grande parte preocuparam-se em identificar as conectividades entre áreas cerebrais após o AVE e suas relações com IM (54,5%)^(2,16,17,18,23). Além disso, alguns estudos buscaram compreender a ativação de regiões e aumento de fluxo sanguíneo após o uso da IM como estratégia adjuvante de reabilitação motora de pacientes com sequela de AVE, atestando a eficácia da técnica (72,7%)^(13,16,18,19,20,21,22,24).

Outro ponto relevante, nos estudos que propuseram utilizar-se da IM como estratégia de intervenção^(16,18,24), a fMRI foi utilizada antes e depois, identificando-se mudanças nas conexões cerebrais principalmente em indivíduos que foram submetidos a IM associada a EM. As áreas motoras são o destaque, principalmente as relações entre M1 e SMA, bem como SMA e a PM. Além disso, a ação supressora da SMA na área M1 durante IM é identificado em estudo realizado por Bajaj et al (2015a; 2015b)^(16,18).

Quadro 2 - Caracterização dos estudos que utilizaram técnica de neuroimagem durante a imagética motora de indivíduos pós-AVE

Autores (ano)	Sujeitos (n)	Grupos – P:H/M	Idade (desvio-padrão)	Crítérios de inclusão	Crítérios de exclusão	Tempo de AVE	Lado/Área do AVE
Bajaj <i>et al.</i> (2015)a	30	a) Controle – IS (17:12/5) b) Pós-AVE (13:9/4)	a)25.17±4.68 (IS) b)59.23±9.49 (AVE)	1) >18 anos; 2)Independente em pé; transferir-se ao banheiro e manter equilíbrio; 3) Extensão de punho MSA ≥20°; 4) Extensão de dedos ≥10°; 5) MAL ≥ 2.5;	Histórico de alterações neurológica; Uso de medicamento que afeta o funcionamento neurológico;	1 a 54 meses	06 hemiparesia esquerda: tálamo; gânglios basais; cápsula interna; núcleo caudado; giro pré-central; 07 hemiparesia direita: artéria cerebral média; ponte; artéria carótida interna.
Sharma <i>et al.</i> (2015)	37	a)AVE subcortical (20:14/6) 8 foram excluídos b) Controle – IS (17:9/8)	a) 66±8.8 (AVE) b) 57.6±8.5 (IS)	1) AVE único nas últimas duas semanas; 2) Capacidade de realizar atividades motoras; 3) Dominância direita	Ausência de histórico de alterações neurológicas; psiquiátricas ou músculo-esqueléticas; incapacidade de realizar imagética motora;	Lesão com duração de pelo menos duas semanas	08 lesão em hemisfério esquerdo; 03 lesão em hemisfério direito;
Bajaj <i>et al.</i> (2015)b	10	a)Hemiparesia E – (4; 2/2); b)Hemipar	60.10±10.52	1) >18 anos; 2) Independente em pé; transferir-se ao banheiro e manter equilíbrio; 3) Extensão de punho MSA	Translação maior que 2mm ou mais de 15° de rotação	1 a 54 meses	04 hemiparesia esquerda: tálamo; gânglios basais; núcleo caudado; pontomedullary;

		esia D – (6;4/2)		≥20°; 4) Extensão de dedos ≥10°; 5) MAL ≥ 2.5;			06 hemiparesia direita: artéria cerebral média; ponte; artéria carótida interna.
Dodakian et al. (2014)	07	AVE (7:4/3)	58 (37-73)	1) >18 anos; 2) AVE há pelo menos três menos com hemiparesia direita; 3) Pelo menos 10° de MCP; 4) UEFM – 2 a 10 pontos do total de 24 para função de mão	Apraxia (>25 Alexander escala); Atenção ↓(NIHSS); Alteração sensorial grave (Nottingham <75%); Tônus >4 (Ashworth); Afasia grave; Depressão maior;	9 meses em média (4 a 42 meses)	Hemiparesia direita: ponte; coroa radiada; cápsula interna; putamem; lobo temporal; ínsula;
Park et al. (2014)	24	a) AVE crônico e Subcortical (12: 8/4) b) Controle – IS (12:8/4)	a) 58.8±5.3 AVE b) 54.8±2.2	1) Lesões únicas subcortical ou fase crônica maior que 3 meses; c) Entre 18 e 70 anos	-	62,5 meses em média (24 a 126)	06 hemiparesia esquerda: artéria cerebral média direita; infarto medula direita; coroa radiada direita; tálamo e cápsula interna direita; ponte; 06 hemiparesia direita: infarto medula esquerda; artéria cerebral média esquerda; gânglios

							basais esquerda (infarto e hemorragia); ponte;
Fallani <i>et al.</i> (2013)	20	AVE subagudo: 20:9/11	55.5	AVE único em fase subaguda confirmado por MRI; Estar em reabilitação na Fundação Santa Lucia (Roma)	Tratamento com drogas que afetam vigília e o traçado do EEG; MEEM <24; Disordens cognitivas graves; outras doenças crônicas, ortopédicas; Espasticidade > 3 (Ashworth Scale)	8,4 ±2.8 semanas	10 hemiparesia esquerda: fronto-temporo-parietal direita; temporal direito; gânglios basais (hemorragia); núcleo capsular direito; ponte; 10 hemiparesia direita: : fronto-temporo-parietal esquerda; gânglios basais; amígdala; fronto-parietal esquerda; núcleo capsular; lobo temporal; fronto-mesial; ínsula; ponte; cotirco-subcortical-fronto-insular; centro semioval; coroa radiada; núcleo basal-insular esquerda;
Sharma <i>et al.</i> (2009)a	37	a) AVE subcortical (20:14/6) b)Controle – IS	a) 66±8.8 (AVE) b) 57.6±8.5 (IS)	≤2,5 Medical Research Council Scale	Estenose/oclusão carótida; déficit de linguagem persistente; negligência;	171 dias em média	06 hemiparesia esquerda: Subcortical; cápsula interna; hemorragia talâmica; 14 hemiparesia direita: Ponte; subcortical;

		(17:9/8)			doença renal; tratamento com inibidor de serotonina/benzodiazepínicos; alteração visual; depressão; dominância esquerda; contraindicação para MRI		cápsula interna;
Page <i>et al.</i> (2009)	10	AVE crônico (10:5/5)	56.5±11.6	1)AVE único 2) Habilidade de flexionar pelo menos 10°, a partir da posição neutra, o punho, MCF e IFL; 3) Tempo de AVE >6 meses; 4) Escore ≥ 69 pontos MMEEM); 5) Idade entre 18 e 80 anos	Espasticidade excessiva (≥3 Ashworth Scale); Dor ≥ 4; Estar em tratamento de reabilitação física ou participando de estudos de drogas experimentais	36.7±34.0 (10 – 115) meses	02 hemiparesia esquerda : 08 hemiparesia direita
Sharma <i>et al.</i> (2009)b	21	a)AVE subcortical isquêmico (8:2/6) b) controle	a) 67± 11 (AVE) b)57.6±8.5	1) História de um AVE; 2) Dominância direita; 3) Lesão no hemisfério cerebral esquerdo; 4) Redução da força ≤2/5;	Estenose/oclusão carótida; déficit de linguagem persistente;	170.6 dias em média	08 Hemiparesia direita: Ponte e Cápsula interna a esquerda

		- IS (13:9/4)			negligência; doença renal; Inabilidade de passar no CMIAB; tratamento com inibidor de serotonina/ben zodiazepínicos ; alteração visual; depressão; dominância esquerda; contraindicaçã o para MRI		
Kimberley <i>et al.</i> (2006)	14	a) AVE (7:5/2); b) controle - IS (7:5/2)	a) 56.5 (AVE); b) 58.5 (IS)	1) Dominância direita; 2) Independência para transferência; 3) Capacidade de compreender instruções	Contraindicação para MRI; Excessiva movimentação decabeça durante o exame de RMI	52.7 (8 a 113) meses	05 hemiparesia esquerda: subcortical (ínsula; putamem; cápsula interna); fronto cortical a direita; subcortical frontoparietal substância branca; glóbus pallidus; estriado; 02 hemiparesia direita: subbucortical estriado; glóbus pallidus;

							cápsula interna; tálamo;
Butler <i>et al.</i> (2006)	4	AVE (4:3/1)	62.7	Participar do protocolo de 3 terapias (IM)/(EM)/(IM+EM)	-	9.25 (3-16) meses	04 Hemiparesia direita: hemorragia no lobo parietal esquerdo; frontoparietal esquerdo; infarto lacunar subcortical bilateral; gânglio basal e cápsula interna a esquerda.
<p>Legenda: ↑, aumento; ↓, diminuição; P, número de participantes; H, homem; M, mulher; ±, mais ou menos (desvio padrão); IS, indivíduos saudáveis; AVE, Acidente Vascular Encefálico; E, esquerdo; D, direito; MAS, Membro Superior Afetado; MCF, Metacarpofalangeana; IFL, Interfalangeana; MAL, Motor Activity Log; UEFM, Upper Extremity Fugl-Meyer, NIHSS, Nacional Institute of Health; CMIAB, Chaotic Motor Imagery Assesment Battery; MEEM, Mini-Exame do Estado Mental; MMEEM, Mini-Exame do Estado Mental modificada; pp, principalmente; fMRI, Ressonância Magnética Funcional; RMI, Ressonância Magnética; CT, Tomografica computadorizada; EEG, Eletroencefalograma; M1, Motor primário; LM1, Área motora primária esquerda; RM1, Área motora primária direita; PMC/PM, Córtex pré-motor; LPMC, Córtex pré-motor esquerdo; RPMC, Córtex pré-motor direito; SMA/S1, Área Suplementar Motora; IM, Imagética motora; EM, Execução motora; IC, Componentes Independentes; PFR, Córtex pré-frontal; BDPC, Córtex bilateral dorsal pré-motor; RDPC, Córtex Dorsal Parietal direito; RC, Cerebelo direito; IFC, Córtex frontal inferior; BOLD, Nível de sangue oxigenado dependente; LIP, Lóbulo parietal inferior; PSC, córtex sensorial primário; LSC, Córtex sensoriomotor esquerdo.</p>							

Quadro 3 - Detalhamento das avaliações funcionais, da imagética motora e das técnicas de imageamento dos artigos selecionados

Autores (ano)	Avaliações Funcionais	Técnica /image m	Estratégia imagética motora	Áreas cerebrais estudadas	Resultados
Bajaj <i>et al.</i> (2015) ^a	MEEM; Fugl-Meyer;	fMRI	IM de movimentos de dedos com oponência e pinça, executados durante a fMRI. Intervenção com IM: 4 horas por dia (8-30 min por sessão) guiado por áudio. Total de 60 horas em três semanas. IM de quatro atividades: (1) Imaginar escovando ou penteando o cabelo; (2) Pegando e levando diferentes tipos de frutas à boca; (3) Pegar um copo do armário e colocá-lo devagar em cima de um balcão, soltando-o; (4) Limpar o balcão de uma cozinha com um pano.	LM1; RM1; LPMC; RPMC; SMA	↓ conectividade entre: LM1 e SMA; RPMC e SMA; RPMC e LM1; SMA e RM1; SMA e LPMC em indivíduos pós-AVE (sem intervenção) comparando-se com indivíduos saudáveis; O fluxo não aumenta após realização apenas da IM; ↑ fluxo durante IM+EM: Conexão bilateral entre LM1 e SMA; conexão entre SMA e LPMC
Sharma <i>et al.</i> (2015)	NIHSS; ARAT; SIS; Motricity index, TIT;	fMRI	Sequência de movimento de oponência de dedos (2,3,4;5) em dois momentos: repouso e IM; repouso e EM. A IM ocorreu durante a aquisição da fMRI	Áreas motoras contralateral e bilateral envolvendo áreas PM, M1 e parietal	Encontradas 28 IC. Setes ICs envolvem as redes motoras primárias e secundárias; A recuperação motora funcional após AVE envolve redes corticais já existentes;

Bajaj <i>et al.</i> (2015)b	Avaliação cognitiva (MEEM); Recuperação motora: Fugl-Meyer; MIQ-RS	fMRI RMI CT	IM de movimentos de dedos com oposição e pinça, executados durante a fMRI. Intervenção com IM: 4 horas por dia (8-30 min por sessão) guiado por áudio. Total de 60 horas em três semanas. IM de quarto atividades: (1) Imaginar escovando ou penteando o cabelo; (2) Pegando e levando diferentes tipos de frutas à boca; (3) Pegar um copo do armário e colocá-lo devagar em cima de um balcão, soltando-o; (4) Limpar o balcão de uma cozinha com um pano.	PMC; M1; SMA	<i>Antes da intervenção:</i> Na IM - Encontrada conexão entre M1 e PMC (mão não-afetada) e conexão entre SMA e PMC (mão-afetada) Na EM – Encontrada conexão entre M1 e PMC (mão não-afetada); SMA e M1 (mão-afetada). <i>Após intervenção:</i> Na IM - Conexão bidirecional entre PMC e M1; e SMA e M1 (mão não-afetada) Conexão bidirecional entre SMA e PMC; PMC e M1 (mão-afetada) Na EM – Encontrada conexão PMC e M1; e SMA e M1 (mão não-afetada); todas conexões significativas exceto SMA e PMC (mão-afetada) IM <i>versus</i> EM depois da intervenção Forte conexão bidirecional entre PMC e M1 durante IM Semelhante, houve forte conexão entre PMC e M1; SMA e M1 durante EM; PMC e M1 são cruciais na IM e EM M1 causa mais mudanças em áreas motoras durante a EM do que na IM devido a interação com a SMA.
Dodakian <i>et al.</i> (2014)	Box & Blocks; Fugl-Meyer; SIS	fMRI	IM de prono/supinação de antebraço com a seguinte instrução, fornecida através de vídeo: “Imagine que você está girando uma maçaneta.	Córtex somatossensorial; Cerebelo; córtex	Na EM ativou LSC e RC; Na IM ativou: LSC, RC e mais LIP direita; LC Quanto $p < 0,01$ encontrou-se ativação em IPL esquerda e SMA

			Imagine sentir a maçaneta na mão, imagine virando a maçaneta de verdade, sentindo a mão girar a maçaneta para abrir a porta, em seguida deixe a porta fechar-se novamente”. A IM foi realizada durante do exame de fMRI.	sensorial; Parietal; PMC	No test <i>t</i> aumento mais significativo em LIP esquerdo e DLPFC a direita
Park <i>et al.</i> (2014)	MIQ-RS	fMRI	IM do tamborilar de dedos numa sequência com a mão afetada durante a execução do exame	SMA;PM; M1;	IM – IS ativam SMA; PM; M1; AVE ativaram: SMA e PM
Fallani <i>et al.</i> (2013)	European Stroke Scale; Fugl-Meyer;	EEG	IM de movimentos de preensão, instruídos através de vídeo. Voluntário solicitado a sentir o movimento. IM realizada durante o exame, ocorrido uma semana após hospitalização.	Sensoriomotora; Interhemisférios; Frontoparietal	Frequência da banda beta ↓ na IM da mão afetada; ↑ da conectividade interhemisférios; IM da mão não-afetada ↑ conectividade na região contralateral sensoriomotora; Na mão afetada ↑ conectividade na região frontal e parietal contralateral
Sharma <i>et al.</i> (2009)a	NIHSS; ARAT; Motricity index; TIT	fMRI	Sequência de movimento de oposição de dedos (2,3,4;5) em dois momentos: repouso e IM; repouso e EM. A IM ocorreu durante a aquisição da fMRI.	PM; SMA; M1 (BA4)	O padrão de ativação da EM da mão afetada não foi diferente do controle; IM da mão afetada foi similar ao controle, incluindo o envolvimento do M1 (BA4). IM da mão afetada ativou ↓ o PM e M1; Ativação ipsilateral .positiva do M1 (BA4) correlacionada com o desempenho motor.
Page <i>et al.</i> (200	ARAT; Fugl-	fMRI	Prática mental três vezes por semana, durante 10 semanas.	PMC; M1; Córtex	fMRI, ARAT e Fugl-Meyer modificam-se após a intervenção.

9)	Meyer;		Sessões com duração de 20-30 minutos, subdivididos em relaxamento e imaginar uma AVD com o braço afetado. A AVD: (1) Alcance e preensão de um copo; (2) Virar a página de um livro; (3) Propor o uso de um utensílio para escrita; (4) Propor o uso de um utensílio para comer; (5) Usar uma escova ou um pente; Imageamento ocorreu antes e depois da IM.	Parietal Superior	ARAT e Fugl-Meyer identificam melhora na performance motora principalmente para execução de preensão, pinça e extensão de punho. ↑ do sinal BOLD nas áreas PMC e M1 ipsi- e contralateral e SPC ipsilateral da mão afetada durante flexo-extensão de punho; ↓ do sinal BOLD no córtex parietal do hemisfério ipsilateral da mão afetada.
Sharma <i>et al.</i> (2009)b	NIHSS; ARAT; Motricity index	fMRI	Sequência de movimento de oponência de dedos (2,3,4,5) em dois momentos: repouso e IM; repouso e EM. A IM ocorreu durante a aquisição da fMRI.	PSC; SMA; PFC; BDPMC; córtex parietal; RC; IFC; M1	Na IM houve ↑ das conexões entre: PM ipsilateral para M1; Córtex préfrontal contralateral para SMA; PMC contralesional para SMA; ↓ da conexão entre SMA. e PMC.
Kimberley <i>et al.</i> (2006)	Fugl-Meyer; MEEM	fMRI	Imaginação de movimentos de flexo/extensão de punho durante a aquisição de imagens pela fMRI	M1; S1; Pré-SMA	Nos indivíduos com AVE durante a IM houve ativação contralateral pp S1, mas ipsilateral em SMA e M1; IM: AVE sinal mais forte no hemisfério ipsilateral em S1, M1 e SMA;

Butler <i>et al.</i> (2006)	WMFT; MAL; MIQ-R; VMIQ; Sirigu break test;	fMRI	Prática mental durante duas semanas. Não deixa claro a estratégia utilizada para imagética motora. A aquisição da imagem foi realizada pré- e pós-intervenção.	PM; área motora, occipital	Na IM: ↑ da ativação contralateral cortical nas áreas motoras durante a execução de tarefas de flexão/extensão; Ativação cortical bilateral do giro temporal inferior e médio foi observado na imaginação dos mesmos movimentos na tarefa de flexão/extensão; Após prática mental houve ativação do hemisfério cerebelar direito; Na IM + EM: Ativação contralateral do M1 quando executa flexão/extensão; Ativação ipsilateral das áreas occipital, temporal-occipital e temporal na imaginação da flexão/extensão;
<p>Legenda: +, mais; AVD, Atividades da Vida Diária; TIT, Thumb-Index Taps; NIHSS, Nacional Institute of Health; MEEM, Mini-Exame do Estado Mental; ARAT, Action Research Arm Test; SIS, Stroke Impact Score; MIQ-RS, Questionário de Imagética Motora revisado para AVE; fMRI, Ressonância Magnética Funcional; RMI, Ressonância Magnética; CT, Tomográfica computadorizada; EEG, Eletroencefalograma; M1, Motor primário; LM1, Área motora primária esquerda; RM1, Área motora primária direita; PMC/PM, Córtex pré-motor; LPMC, Córtex pré-motor esquerdo; RPMC, Córtex pré-motor direito; SMA/S1, Área Suplementar Motora; IM, Imagética motora; EM, Execução motora; IC, Componentes Independentes; PFR, Córtex pré-frontal; DLPFC, Córtex dorsal-lateral pré-frontal; RDPC, Córtex Dorsal Parietal direito; RC, Cerebelo direito; LC, Cerebelo esquerdo; IFC, Córtex frontal inferior; BOLD, Nível de sangue oxigenado dependente; LIP, Lóbulo parietal inferior esquerdo; PSC, córtex sensorial primário; LSC, Córtex sensoriomotor esquerdo.</p>					

DISCUSSÃO

Os estudos selecionados para esta revisão são relativamente recentes, já que a maioria teve a publicação ocorrida nos últimos 5 anos. A população identificada nos estudos foi em grande parte dividida entre grupo controle, com indivíduos saudáveis, e grupo de sujeitos pós-AVE, com idade superior a 57 anos. Dentre os critérios de inclusão além da idade acima de 18 anos, trouxeram requisitos referente a capacidade de realizar certos movimentos e não ter tido mais do que um AVE. Como exclusão, a maioria preconizou a ausência de outras alterações clínicas e neurológicas.

A técnica de imageamento mais utilizada foi a Ressonância Magnética Funcional e as áreas cerebrais mais estudadas foram as áreas motoras. Nos resultados, os estudos de forma geral registraram que após a IM houve maior conectividade entre essas áreas, principalmente quando associada a EM. Os achados sugerem que a IM é técnica adjuvante eficaz na reabilitação de pacientes pós-AVE.

Em meta-análise⁽²⁵⁾ recente sinaliza que a técnica de neuroimagem mais utilizada em estudos com IM é a fMRI. Já em relação áreas cerebrais ativadas durante a IM, revela um grande recrutamento de redes fronto-parietais e de regiões sub-corticais e cerebelares, semelhante aos achados desta revisão.

No entanto, o córtex motor primário também parece ser bastante ativo, ratificando que várias regiões que são responsáveis pela execução motora também estão ativas durante a IM⁽²⁵⁾. Tal hipótese também é pontuada em grande parte dos estudos desta revisão, já que as áreas motoras foram as mais analisadas^(13,16,17,18,19,20,21,22,23,24).

Estudos mostram similaridade na ativação de áreas cerebrais durante EM e IM, destacando o M1, SMA, PM e córtex somatosensorial no lobo parietal^(26,27). No entanto, a supressão exercida pelo SMA ao M1 durante IM também vem sendo relatada em outros estudos^(26,28). Acredita-se que esse efeito inibitório seja um mecanismo fisiológico para impedir que haja o movimento durante a IM.

Já é bem difundido na literatura que a área M1, principal responsável pela motricidade, e a SMA, envolvida no planejamento de sequências complexas, são ativadas durante a execução do movimento. Sabe-se ainda que a área PM participa da preparação do corpo para realizar movimentos delicados^(29,30). Os estudos desta revisão preocuparam-se em identificar quais conexões estiveram mais ativadas durante a IM pós-AVE.

Park et al (2014)⁽²⁰⁾ expõe que a realização da IM pode ser facilitada quando as áreas SMA e M1 estão ativadas. Já Dodakian (2014)⁽¹⁹⁾ acredita que há um aumento da

ativação na região do lóbulo parietal inferior e córtex pré-frontal dorsolateral direito. Page (2009) ⁽²⁴⁾ pontua em seus achados que após intervenção com IM houve ativação das áreas PM, M1 e parietal. Sharma et al (2009a; 2009b) ^(21,22) concordam que existe uma desorganização da rede motora e conexões “anormais” córtico-cortical após AVE, embora acreditem que há uma maior conexão entre regiões motoras frontais durante a IM, relacionados com a função motora.

Nos estudos mais recentes ^(16,18) sugerem que PMC e M1 são cruciais durante a IM como também na EM. Propõe ainda que o M1 cause mais mudanças em áreas motoras durante a execução motora do que na IM devido a interação com SMA. Além disso, descrevem que após o AVE há redução significativa do fluxo na conexão entre as áreas: M1, SMA e PMC.

Observa-se que a heterogeneidade apresentada na amostra no que se refere a seleção para o grupo experimental e controle; ao tempo pós-AVE; área cerebral acometida pela lesão neurológica; e na diferença da proposta da IM nos estudos analisados dificultou a compilação dos achados para reprodutibilidade dos métodos e possível análise inferencial.

Além disso, a diversidade das áreas cerebrais acometidas pelo AVE leva ao questionamento das conexões cerebrais encontradas após/durante a IM. Supõe-se que a homogeneidade possa trazer maior confiabilidade aos estudos. Johnson (2000) ⁽³¹⁾ referia que capacidade de realizar IM pode depender do local e da extensão da lesão neurológica. Tal problemática pode ser minimizada nos estudos que utilizaram avaliação da capacidade de realizar a IM, através de teste padronizados.

É possível supor, através dos achados dessa revisão, que a imagética motora, com objetivo de melhorar o desempenho motor, é uma técnica que ao ser realizada em conjunto com a execução motora pode ser uma ferramenta eficiente na reabilitação de pacientes após AVE. Diante disso, o conhecimento de quais estruturas cerebrais são ativadas durante a IM são cruciais para o planejamento do tratamento desses sujeitos.

CONCLUSÃO

Essa revisão auxiliou na compilação do conhecimento das áreas cerebrais envolvidas durante a IM através de estudos de neuroimagem. A IM parece estar envolvida com as áreas cerebrais motoras, mais especificamente M1, SMA e PMC. Supõe-se ainda que a IM promove conexões neurais mais fortes quando associada a EM. A homogeneização da amostra principalmente com relação ao tempo de AVE e

área cerebral da lesão, são pontos a serem melhor explorados em estudos futuros. A estratégia de associar a IM a EM parece ser eficaz para reabilitação de indivíduos pós-AVE.

CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS

Ada Salvetti Cavalcanti Caldas - Concepção e desenho do estudo; análise e interpretação dos dados; elaboração e revisão do artigo; aprovou a versão final a ser publicada.

Hilton Justino da Silva e Daniele Andrade da Cunha - Análise e interpretação dos dados; revisão do artigo; aprovou a versão final a ser publicada.

REFERÊNCIAS

1. Feigin VL, Lawes CMM, Bennett DA, Barker-Collo SL, Parag V. Worldwide stroke incidence and early case fatality reported in 56 population-based studies: a systematic review. *Lancet Neurology*. 2009; 8 (4): 355–69.
2. Fallani FV, Pichiorri F, Moroe G, Molinari M, Babiloni FC, Matti D. Multiscale topological properties of functional brain networks during motor imagery after stroke. *Neuroimage*. 2013; 83:438-449.
3. World Health Organization. How to use the ICF: a practical manual for using the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). 2013th ed. Geneva: World Health Organization, 2013.
4. Yang H, Guan C, Chua KSG, Chok SS, Wang CC, Soon PK, Tang CKY, Ang KK. Detection of motor imagery of swallow EEG signals based on the dual-tree complex wavelet transform and adaptive model selection. *J. Neural Eng*. 2014, 11: 1-13.
5. Nudo RJ, Milliken GW. Reorganization of movement representations in primary motor cortex following focal ischemic infarcts in adult squirrel monkeys. *J Neurophysiol*. 1996, 75: 2144 –2149.
6. Duncan PW, Zorowitz R, Bates B, Choi JY, Glasberg JJ, Graham GD, Katz RC, Lamberty K, Reker D. Management of adult stroke rehabilitation care: a clinical practice guideline. *Stroke*. 2005; 36:100-143.
7. Kleim JA, Jones TA. Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage. *J Speech Lang Hear Res*. 2008; 51: S225–239.
8. Sharma N, Pomeroy VM, Baron JC. Motor Imagery: A Backdoor to the Motor System After Stroke? *Stroke*. 2006; 37:1941-1952.

9. Jackson PL, Doyon J, Richards CL, Maloui F. The efficacy of combined physical and mental practice in the learning of a foot-sequence task after stroke: a case report. *Neurorehabilitation Neural Repair*. 2004; 18(2): 106-111.
10. Schuster C, Butler J, Andrews B, Kischka U, Ettlint. Comparison of embedded and added motor imagery training in patients after stroke: study protocol of a randomised controlled pilot trial using a mixed methods approach. *Trials*. 2009; 10:97.
11. Jackson PL, Lafleur MF, Malouin F, Richards C, Doyon J. Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*. 2001; 82: 1133-41.
12. Liu K, Chan C, Lee TM, Hui-chan CW. Mental imagery for promoting relearning for people after stroke: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*. 2004; 85: 1403-1408.
13. Butler AJ, Page SJ. Mental practice with motor imagery: Evidence for motor recovery and cortical reorganization after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(2):S1-S11.
14. Ramos-Murguialday A, Birbaumer N. Brain oscillatory signatures of motor tasks. *J Neurophysiol*. 2015;113:3663-3682.
15. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. Disponível em: www.prisma-statement.org. Acesso em: 20 de maio de 2016.
16. Bajaj S, Butler AJ, Drake D, Dhamala M. Functional organization and restoration of the brain motor-execution network after stroke and rehabilitation. *Front. In Hum. Neurosci*.2015a; 9:173. doi:10.3389/inhum.2015.001/3.
17. Sharma N, Baron JC. Motor Recovery after subcortical stroke depends on modulation of extant motor network. *Front. Neurol*. 2015; 6:230.doi:10.339/fneur.2015.00230.
18. Bajaj S, Butler AJ, Drake D, Dhamala M. Brain effective connectivity during motor-imagery and execution following stroke and rehabilitation. *Neuroimage: clinical*. 2015b. 8:572-582. Doi:10.1016/j.nicl.2015.06.006.
19. Dodakian L, Stewart JC, Cramer SC. Motor imagery during movement activates the brain more than movement alone after stroke: a pilot study. *J Rehabil Med* 2014; 46: 843–848. doi: 10.2340/16501977-1844.
20. Park C, Chang WH, Lee M, Kwon GH, Kim L, Kim ST, Kim Y. Predicting the Performance of Motor Imagery in Stroke Patients: Multivariate Pattern Analysis of Functional MRI Data. *Neurorehabilitation and Neural Repair*.2015; 29(3): 247-254. doi: 10.1177/1545968314543308.

21. Sharma N, Simmons LH, Jones S, Day DJ, Carpenter A, Pomeroy VM, Warburton EA, Baron J. Motor Imagery after subcortical stroke: A functional Magnetic Resonance Imaging Study. *Stroke*. 2009a; 40:1315-1324. Doi: 10.1161/strokeaha.108.525766.
22. Sharma N, Baron JC, Rowe JB. Motor Imagery After Stroke: Relating Outcome to Motor Network Connectivity. *Ann Neurol*. 2009b; 66(5): 604–616. doi:10.1002/ana.21810.
23. Kimberley TJ, Khandekar G, Skraba LL, Spencer JA, Van Gorp EA, Walker SR. Neural substrates for Motor Imagery in severe hemiparesis. *Neurorehabil Neural Repair*. 2006;20:268–277. doi: 10.1177/1545968306286958.
24. Page SJ, Szaflarsk JPi, Eliassen JC, Pan H, Cramer SC. Cortical Plasticity Following Motor Skill Learning During Mental Practice in Stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009; 23(4): 382–388. doi:10.1177/1545968308326427.
25. Héту S, Grégoire M, Saimpont A, Coll M, Eugène F, Michon P, Jackson PL. The neural network of motor imagery: An ALE meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2013; 37(5): 930–949.
26. Gao Q, Duan X, Chen H. Evaluation of effective connectivity of motor areas during motor imagery and execution using conditional Granger causality. *Neuroimage*. 2011; 54:1280-88.
27. Guillot A, Collet C. Contribution from neurophysiological and psychological methods to the study of motor imagery. *Brain Res Rev*. 2005; 50: 387–397.
28. Kasess CH, Windischberger C, Cunnington R, Lanzenberger R, Pezawas L, Moser E. The suppressive influence of SMA on M1 in motor imagery revealed by fMRI and dynamic causal modeling. *Neuroimage*. 2008; 40: 828–837.
29. Machado A. *Neuroanatomia Funcional*. Editora Atheneu, 2a ed. 2006.
30. Gillen G, Burkhardt A. *Stroke Rehabilitation – A Function-Based Approach*. Editora Mosby, 1998.
31. Johnson SH. Imagining the impossible: intact motor representations in hemiplegics. *Neuroreport*. 200; 11: 729-732.