

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE PSICOLOGIA

AUDREY SARTORI CABRAL SEQUEIRA

Efeito de prática mental e prática física na aprendizagem motora em indivíduos com paralisia cerebral: comparação entre lesões nos hemisférios cerebrais direito e esquerdo

São Paulo
2013

AUDREY SARTORI CABRAL SEQUEIRA

Efeito de prática mental e prática física na aprendizagem motora em indivíduos com paralisia cerebral: comparação entre lesões nos hemisférios cerebrais direito e esquerdo

Dissertação apresentada ao Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Neurociências e Comportamento.

Orientador: Prof. Dr. Luis Augusto Teixeira

São Paulo

2013

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Sequeira, Audrey Sartori Cabral

Efeito de prática mental e prática física na aprendizagem motora em indivíduos com paralisia cerebral: comparação entre lesões nos hemisférios cerebrais direito e esquerdo / Audrey Sartori Cabral Sequeira; orientador Luís Augusto Teixeira. São Paulo, 2013.

71p.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-graduação em Psicologia. Área de concentração: Neurociências e Comportamento) – Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Luis Augusto Teixeira.

1. Prática Mental 2. Paralisia Cerebral 3. Aprendizagem Motora.

Nome: SEQUEIRA, Audrey Sartori Cabral

Título: Efeito de prática mental e prática física na aprendizagem motora em indivíduos com paralisia cerebral: comparação entre lesões nos hemisférios cerebrais direito e esquerdo

Dissertação apresentada ao
instituto de Psicologia para obtenção
do título de Mestre.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof.Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos pacientes que participaram do estudo e que foi minha fonte de inspiração para este trabalho, bem como aos seus responsáveis pelo compromisso e tempo dedicado para a participação na pesquisa.

Agradeço a Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD) por incentivar e estimular o conhecimento científico, bem como proporcionar condições para a realização deste trabalho e do mestrado como um todo.

Agradeço ao meu orientador Prof. Luis Augusto Teixeira pela confiança, dedicação e ensinamentos passados.

Agradeço ao meu amado filho, que com seu sorriso, sua alegria contagiante, me forneceu energia e força para ultrapassar todos os obstáculos e desafios do mestrado. Agradeço, pois você meu filho é a minha maior fonte de motivação e que mesmo tão pequenino foi capaz de compreender as horas extras que permanecia na escolinha ou com a vovó ou até mesmo assistindo aulas com a mamãe.

Agradeço a minha mãe, que sempre incentivou meus estudos e que proporcionou condições para a realização deste trabalho, dedicando suas horas me auxiliando nas tarefas do dia a dia e principalmente pelo amor dedicado ao seu neto.

Agradeço ao meu marido pela compreensão e companheirismo.

Agradeço ao Engenheiro Daniel Boari pela sua colaboração durante o projeto, principalmente na coleta de dados. Agradeço a paciência, os ensinamentos, suas horas de dedicação e principalmente sua amizade.

Agradeço as minhas queridas amigas, que me ampararam nos momentos difíceis, me alegraram e souberam compreender meus longos períodos de ausência na turma.

Agradeço as minhas colegas de laboratório pela troca de informações e de conhecimentos.

Agradeço as minhas colegas de trabalho da AACD, pela força, por ouvirem meus desabafos e pelos conselhos que me incentivaram sempre.

Agradeço à FAPESP pela verba fornecida para o desenvolvimento do trabalho (processo n.2011/09601-1) e à CAPES pela concessão de bolsa de estudo (processo n. 133837/2012-2).

RESUMO

SEQUEIRA, A.S.C. Efeito de prática mental e prática física na aprendizagem motora em indivíduos com paralisia cerebral: comparação entre lesões nos hemisférios cerebrais direito e esquerdo. 2013. 71p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de prática mental e sua associação com prática física na aprendizagem em uma tarefa envolvendo velocidade e precisão, em adolescentes com paralisia cerebral (PC) do tipo hemiparesia, comparando o efeito de lesões nos hemisférios cerebrais direito versus esquerdo. Participaram deste experimento 31 adolescentes com PC, os quais foram distribuídos em quatro grupos: (a) prática mental com hemiparesia direita, (b) prática mental com hemiparesia esquerda, e grupos controle com hemiparesia (c) direita ou (d) esquerda. A tarefa motora consistiu em tocar um alvo empregando o braço parético com demanda de precisão e rapidez. As sessões de prática foram divididas em dois dias. No primeiro dia, os grupos experimentais realizaram duas sessões de prática mental, sendo que cada sessão foi constituída de 5 blocos de 10 ensaios mentais. Os grupos controle realizaram nesta fase um jogo em microcomputador. No segundo dia, os grupos experimentais e controles receberam o mesmo tratamento, realizando prática física na tarefa. As avaliações motoras foram feitas imediatamente após as atividades do primeiro dia do experimento, e antes, imediatamente após e 30 min. após o fim da sessão de prática física. As análises dos resultados mostraram uma superioridade da prática mental em relação à prática física no tempo de movimento e índice de retidão. A prática física isolada apresentou superioridade na diminuição do deslocamento vertical da mão e na diminuição da quantidade de unidades de movimento. Os efeitos observados foram persistentes, indicando ganho de desempenho derivado de aprendizagem. Não houve diferença significativa associada ao lado da lesão em nenhuma das variáveis analisadas. Os resultados do presente estudo revelaram que a prática mental foi efetiva em promover aprendizagem de forma equivalente entre indivíduos com lesão no hemisfério direito ou esquerdo.

Palavras-chave: Prática mental, paralisia cerebral e aprendizagem motora.

ABSTRACT

SEQUEIRA, A.S.C. Effect of mental and physical practice on motor learning in individuals with cerebral palsy: comparison between lesions to the right and left cerebral hemispheres. Master thesis – Institute of Psychology, University of São Paulo, São Paulo, 2013.

The present study aimed to evaluate the effect of mental practice on learning a task involving speed and accuracy in adolescents with hemiparetic cerebral palsy (CP), comparing the effect of lesions to the left versus right cerebral hemispheres. Participated in this experiment 31 CP adolescents who were assigned to four groups: (a) mental practice with right hemiparesis, (b) mental practice with left hemiparesis, and control groups with (c) right or (d) left hemiparesis. The motor task consisted of fast aiming at a target using the paretic arm. The practice sessions were divided into two days. On the first day, the experimental group held two sessions of mental practice, each session consisted of five blocks of 10 mental rehearsals. The control group played on a microcomputer game. On the second day, experimental and control groups received the same treatment, having physical practice on the task. Performance tests were made immediately after the activities of the first experimental session, and before, immediately after, and 30 min. after the end of the second session. Analysis of results showed a superiority of mental practice in relation to the physical practice in movement time and index of straightness. The physical practice alone was superior in reducing the vertical displacement of the hand and the decreased amount of units of movement. Those effects were persistent over time, indicating performance gains derived from learning. No significant differences associated with side of lesion were found. These results revealed that mental practice was effective in inducing learning similarly between individuals with lesions to the right or left cerebral hemispheres.

Keywords: Mental practice, cerebral palsy, motor learning

Lista de figuras

Figura 1 – Imagem representativa da tarefa experimental 30

Figura 2 - Dados correspondentes à prática física no segundo dia do estudo.
Tempo de movimento (s) para cada bloco de tentativas 37

Figura 3 – (A)Tempo de movimento (TM, s), (B) índice de retidão e (C) frequência absoluta de unidades de movimento para os grupos (PM = prática mental, C = controle, D = hemiparesia direita, E = hemiparesia esquerda) em função dos testes 38

Figura 4 - (A) Deslocamento vertical (mm), (B) erro radial (mm) para os grupos (PM = prática mental, C = controle, D = hemiparesia direita, E = hemiparesia esquerda) em função dos testes 39

Figura 5 - (A)Deslocamento linear do ombro (mm),(B) amplitude de movimento de ombro ($^{\circ}$), (c) amplitude de movimento de cotovelo ($^{\circ}$) e (d) amplitude de movimento de punho ($^{\circ}$) para os grupos (PM = prática mental, C = controle, D = hemiparesia direita, E = hemiparesia esquerda) em função dos testes. 41

Lista de tabelas

Tabela 1 – Sumário do delineamento experimental	33
Tabela 2 - Dados referentes ao sexo e idade dos grupos experimental e controle ..	35
Tabela 3 – Média e desvio padrão das amplitudes articulares ativa das articulações do membro superior parético em participantes dos grupos controle e experimental ..	36

Lista de Abreviaturas e Siglas

AVE- Acidente Vascular encefálico

CD- grupo controle com hemiparesia à direita

CE- grupo controle com hemiparesia à esquerda

DP- desvio padrão

EP- erro padrão

FD- prática física à direita

FE- prática física à esquerda

GMFCS – Gross Motor Function Classification System

M- Média

MD – prática mental à direita

ME- prática mental à esquerda

n- número de sujeitos

NR – nenhuma prática

PC- Paralisia Cerebral

PM- Prática mental

PME – grupo prática mental com hemiparesia à esquerda

PMD – grupo prática mental com hemiparesia à direita

TM- tempo de movimento

Sumário

1 Introdução	1
2 Revisão bibliográfica	5
2.1 Imagética motora	5
2.2 Bases teóricas da imagética motora	6
2.3 Tipos de imagética motora	8
2.4 Especialização inter-hemisférica e ativação cortical durante imagética motora	9
2.5 Similaridades entre movimentos reais e imaginados	12
3 Prática mental	15
3.1 Prática mental em indivíduos saudáveis	15
3.2 Prática mental em indivíduos com disfunções neurais.....	18
4 Paralisia Cerebral	21
4.1 Déficit de planejamento e imagética motora na PC	25
4.2 Paralisia cerebral e imagética motora	25
5 Objetivo	28
6 Hipóteses	28
7 Método	29
7.1 Participantes	29
7.2 Tarefa e equipamentos.....	29
7.3 Delineamento experimental e procedimentos	30
7.4 Análise.....	33
8 Resultados	35
8.1 Características dos participantes	35
8.2 Análise do exame físico.....	35
8.3 Análise da prática.....	36
8.4 Análise dos testes	37
8.4.1 Tempo de movimento.....	37
8.4.2 Índice de retidão	37
8.4.3 Unidades de movimento.....	38

8.4.4 Deslocamento vertical	39
8.4.5 Erro espacial	39
8.4.6 Movimento linear do ombro	40
8.4.7 Amplitude de deslocamento angular do ombro	40
8.4.8 Amplitude de deslocamento angular do cotovelo	40
8.4.9 Amplitude de deslocamento angular do punho	40
9 Discussão	43
9.1 Análise do movimento do membro superior parético	43
9.2 Prática mental isolada	44
9.3 Prática física isolada	47
9.4 Prática mental associada à prática física	48
9.5 Assimetrias inter-hemisféricas.....	49
10 Conclusão	51
11 Limitações.....	52
12 Referências Bibliográficas	53
13 Anexos	62
12.1 Anexo A- Termo de consentimento livre e esclarecido grupo controle .	62
12.3 Anexo B- Termo de consentimento livre e esclarecido grupo controle .	64
12.2 Anexo C- Resultados completos das ANOVAS.....	66

1 Introdução

Paralisia cerebral (PC) é o termo usado para designar um grupo de distúrbios motores não progressivos resultante de uma lesão cerebral hemisférica nos primeiros estágios de desenvolvimento humano. A PC leva à alteração do tônus muscular e à persistência de reflexos primitivos e de padrões primários de movimento. Quando indivíduos com PC realizam ações manuais com o braço parético o padrão de movimento é caracterizado por aumento do número de submovimentos, aumento da variabilidade da trajetória da mão e coordenação inadequada (STEENBERGEN, MEULENBROEK, & ROSEMBAUM, 2004). Prejuízos motores observados em indivíduos com PC têm sido atribuídos aos mecanismos envolvidos tanto na execução como no planejamento das ações. Em um estudo documentando a distinção no planejamento de movimentos em indivíduos com PC foi examinado o desempenho em adolescentes com hemiparesia direita em duas condições experimentais (MUTSSARTS, STEENBERGEN, & BEKKERING, 2005). A primeira consistia em agarrar um hexágono e encaixá-lo o mais rapidamente possível em uma de cinco posições disponíveis. Na segunda condição o hexágono deveria ser girado a 60° ou 120°. Os resultados mostraram que na primeira condição participantes com PC e controles saudáveis apresentaram a mesma relação temporal entre as posições, com tempos de movimento maiores para posições de preensão menos confortáveis. Na segunda condição foi observado tempo de movimento mais longo nas tarefas exigindo maior rotação do hexágono para indivíduos com PC, mas não para os controles. Esses resultados levam à conclusão de que os participantes com PC não completaram o processo de planejamento antes de o movimento ser iniciado, realizando parte do planejamento da ação durante sua execução (ver também MUTSAARTS, STEENBERGEN, & BEKKERING, 2007).

A capacidade de planejamento motor tem sido avaliada por meio da imaginação consciente de movimentos, o que tem sido denominado "imagética". Mais especificamente, a imagética motora (ou cinestésica) consiste na simulação mental dos movimentos e respectivas consequências sensoriais geradas durante a execução de uma ação, na perspectiva de primeira pessoa. Tem sido teorizado que a imagética motora oferece uma janela para compreensão da representação da ação, sendo crítica para o seu planejamento motor (CAYENBERGHS, WILSON, van

ROON, SWINNEN, & SMITS-ENGELSMAN, 2009; MUNZERT, LOREY, & ZENTGRAF, 2009; WOLPERT & FLANAGRAN, 2001). Estudos no nível comportamental de análise têm revelado que os tempos para imaginação de movimento e para sua efetiva realização são semelhantes, sendo esta característica observável já na fase da adolescência (CHOUDHURY, CHARMAN, BIRD, & BLAKEMORE, 2007a, 2007b). No nível neurofisiológico de análise, tem sido evidenciado que estruturas neurais ativadas na execução de movimentos também são ativadas com imagética motora. Especificamente, estruturas cerebrais reconhecidamente importantes para o planejamento motor, tais como área motora suplementar (RAO et al., 1993; SANES, 1994), córtex pré-motor (LEONARDO et al., 1995; TYSZKA, GRAFTON, CHEW, WOODS, & COLETTI, 1994) e córtex parietal posterior (GELMERS, 1981; STEPHAN et al., 1995) têm sido mostradas participar tanto na imaginação quanto na execução de diferentes ações motoras. Além disso, tem sido demonstrado que estimulação magnética transcraniana gera mudanças equivalentes de excitabilidade do córtex motor como consequência tanto de imagética motora quanto da execução dos respectivos movimentos (FADIGA et al., 1999). Estes achados são consistentes com a proposição de que a rede neural responsável pelo planejamento de ações voluntárias é ativada na imaginação da ação de forma semelhante a quando a ação é efetivamente realizada (DECETY, 1996). Por esta perspectiva, a imagética motora poderia favorecer a aquisição de habilidades motoras por meio de ensaios mentais sistemáticos, isto é, prática mental.

Prática mental (PM) tem sido mostrada como um importante recurso para promoção de aprendizagem motora. Estudos com imageamento cerebral têm revelado que prática mental é capaz de induzir mudanças persistentes no padrão e ativação cortical em áreas associadas ao planejamento motor (DECHENT, MERBOLDT, & FRAHM, 2004; JACKSON, LAFLEUR, MALOUIN, RICHARDS, & DOYON, 2001). Estudos prévios têm investigado o efeito de prática mental pura (JACKSON et al., 2001; MULDER, ZIJLSTRA, ZIJLSTRA, & HOCHSTENBACH, 2004; RANGANATHAN, SIEMIONOW, LIU, SAHGAL, & YUE, 2004; YAGUEZ et al., 1998; YUE & COLE, 1992), enquanto outros têm combinado prática mental e prática física (ALLAMI, PAULIGANN, BROVELLI, & BOUSSAOUD, 2008; ARENT, 2000; BROUZIYNE & MOLINARO, 2005; GAGGIOLI et al., 2004; JACKSON, DOYON,

RICHARDS, & MALOUIN, 2004; PAGE, LEVINE, SISTO, & Johnston, 2001; WU, RADEL, & HANNA-PLADDY, 2011). Os resultados têm revelado que prática mental melhora o desempenho motor em uma série de variáveis, e de particular interesse para o presente estudo em velocidade e precisão de movimentos (RANGANATHAN et al., 2004; YAGUEZ et al., 1998; YUE & COLE, 1992). Dentre os estudos que combinaram prática física e mental, diferentes proporções foram empregadas. Apesar de os resultados geralmente indicarem que o efeito positivo da prática mental não equivale aos ganhos obtidos com prática física (FELTZ & LANDERS, 1983, para revisão), tem sido apresentada evidência de que em determinadas tarefas motoras a prática mental pode levar a um resultado superior de aprendizagem em comparação à prática física (ALLAMI, PAULIGNAN, BROVELLI & BOUSSAOUD, 2008). Este achado sugere que a prática mental poderia ser usada para suplementar ou em alguns casos substituir a prática física em situações de reabilitação clínica a fim de incrementar os ganhos de desempenho.

Escassos são os estudos, no entanto, que têm sido endereçados ao potencial benefício da prática mental em participantes neurológicos. Na maior parte destes estudos o efeito da prática mental tem sido avaliado em indivíduos que sofreram acidente vascular encefálico. Revisões sistemáticas destes estudos (BRAUN, BEURSKENS, BORM, SCHACK, & WADE, 2006; ZIMMERMANN-SCHLATTER, SCHUSTER, PUHAN, SIEKIERKA, & STEURER, 2008) revelam que há uma tendência de efeito positivo da prática mental sobre a aprendizagem motora, porém os resultados ainda não permitem conclusões definitivas (cf. BARCLAY-GODDARD, STEVENSON, POLUHA, & THALMAN, 2011; BUTLER & PAGE, 2006; LIU, 2009; LIU et al., 2009, para estudos recentes). Mais recentemente, foram revisados estudos sobre a capacidade de imagética motora de indivíduos com PC (STEENBERGEN, CRAJE, NILSEN, & GORDON, 2009). Uma das conclusões mais importantes desta revisão foi de que a capacidade de imagética parece estar comprometida particularmente nos indivíduos com lesão no hemisfério cerebral esquerdo (veja CRAJE et al., 2010; van ELK et al., 2010, para estudos mais recentes). Este aspecto pode fazer com que o efeito da prática mental seja distinto em função do hemisfério cerebral lesado. Este é um ponto que ainda não foi abordado em investigações científicas. A este respeito, uma ausência absoluta de informação sobre o efeito de prática mental em indivíduos com PC foi detectada em revisão de literatura sobre os potenciais efeitos de prática mental na reabilitação

neurológica (JACKSON et al., 2001). Esta lacuna no conhecimento científico persiste ainda nos dias de hoje, como constatado em busca pessoal recente em diferentes bases de dados (Pubmed, Medline e Web of Science). Em um estudo preliminar recente em crianças com PC foi observado que prática mental auxiliou a aprendizagem da habilidade de subir degraus de uma escada em crianças com PC do tipo diparesia espástica (SARTORI, NARUMIA, & TEIXEIRA, 2010). Neste estudo as crianças tiveram prática mental em uma série de sessões após terem praticado a mesma tarefa fisicamente. Os resultados mostraram ganhos surpreendentes de desempenho, com uma das crianças reduzindo em 193 s o tempo gasto para completar a tarefa. Uma melhora de desempenho de tal magnitude resultante de prática mental sugere que os efeitos deste procedimento para aprendizagem motora poderiam ser bastante efetivos em indivíduos com PC.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da prática mental e sua combinação com prática física na aprendizagem em uma tarefa envolvendo velocidade e precisão em adolescentes com PC do tipo hemiparesia, comparando o efeito de lesões nos hemisférios cerebrais direito versus esquerdo.

2 Revisão bibliográfica

2.1 Imagética motora

Imagética motora corresponde a um processo ativo durante o qual a representação de uma ação é internamente reproduzida sem qualquer resposta motora (MULDER, ZIJLSTRA, ZIJLSTRA, & HOCHSTENBACH, 2004). Tem sido teorizado que a imagética motora oferece uma janela para compreensão da representação da ação, sendo crítica para o seu planejamento motor. A imagética motora está relacionada a competências cognitivas e a processos da ação, tais como ensaio mental, planejamento do movimento, controle antecipatório e orientação no espaço, principalmente na ausência de informação visual. A imagética motora pode corresponder a um processo pelo qual o cérebro ativa um plano motor e monitora seu desdobramento através de sinais de feedback interno, mantendo a saída motora em um estado de inibição tônica ou ativação subliminar (SIRIGU & DUHAMEL, 2001).

Molina verificou que a capacidade de imagética motora emerge a partir dos sete anos de idade (MOLINA, TIJUS, & JOUEN, 2008), o que corrobora achados de Cayembergs et al. (2009), que analisaram as mudanças na convergência entre os tempos gastos em movimentos executados e imaginados, em crianças/adolescentes com idades entre 6 e 16 anos. A relação entre tempo de movimento e índice de dificuldade, definido pela Lei de Fitts, foi verificada em uma tarefa de toques sequenciais em alvos espaciais. Os resultados mostraram que o tempo de movimento para a tarefa imaginada foi menor do que para a tarefa executada, porém foi observado que esta diferença entre tempos diminuía com a progressão da idade. Para crianças mais novas foi encontrada uma baixa correlação entre tempo de movimento para as tarefas executada e imaginada, sugerindo que a relação velocidade–precisão para movimentos imaginados é refinada progressivamente com o desenvolvimento motor. O desempenho das crianças mais novas sugere imaturidade de mecanismos neurocognitivos. Para os autores, a integridade da imagética motora reflete a maturação das redes neurais responsáveis pelos modelos internos das ações motoras.

2.2 Bases teóricas da imagética motora

Duas teorias procuraram explicar os mecanismos responsáveis pela aprendizagem através da imagética motora: teoria físiconeuromuscular e teoria de controle central.

Teoria físiconeuromuscular ou teoria periférica. Baseia-se na observação de que, durante a imagética motora de um movimento os mesmos músculos ativados durante a execução motora também são ativados no movimento imaginado. Propõe-se que, quando um sujeito é solicitado a praticar mentalmente a execução de um movimento, impulsos são enviados para os músculos responsáveis por aquela ação. Esta ativação auxilia na aprendizagem, proporcionando padrões de coordenação adequados, como resultado do reforço de programas motores no córtex motor, e preparando os correspondentes motoneurônios dos músculos necessários para executar uma tarefa motora (DRISKELL, COPPER, & MORAN, 1994; PAGE, LEVINE, SISTO, & JOHNSTON, 2001).

Jeannerod e Decety (1995) exploraram a ideia de uma teoria de controle central. Eles assumem que a ação é dirigida por uma representação interna que está relacionada com a intenção e preparação de movimentos. Embora a preparação de uma ação motora seja um processo não inteiramente consciente, os conteúdos das imagens motoras podem ser acessados de forma consciente. Parece que as imagens motoras são dotadas com as mesmas propriedades da ação motora correspondente. Isto é, elas podem desempenhar o mesmo papel causal na geração de um movimento.

Os significados das imagens no desenvolvimento do controle do movimento podem estar relacionados a modelos internos. Há especulações de que modelos internos utilizam uma cópia do comando motor para prever o futuro estado do membro em movimento, o que pode ser usado para verificar se o movimento em curso continua como planejado. Essa capacidade de prever um movimento é gradualmente refinada durante o desenvolvimento motor. Assim, as crianças necessitam primeiramente obter experiência com a relação sistemática entre seus comandos de movimento, o ambiente e seus efeitos sobre o corpo em movimento, para assim poder começar a prever as mudanças do seu corpo e sua cinemática, bem como antecipar a trajetória de um movimento e a detectar desvios do que foi planejado, permitindo rápidos ajustes reduzindo a dependência do controle de

feedback. Os modelos internos são constantemente atualizados, baseados na interação da criança com o ambiente externo (CAEYENBERGHS, WILSON, ROON, WINNEN, & SMITS-ENGELSMAN, 2009).

Estudos de neuroimagem sugerem que os modelos internos são armazenados e atualizados no córtex parietal e que o processo de maturação dessa área ocorre durante a infância e adolescência (BLAKEMORE & SIRIGU, 2003). Indivíduos com lesão nessa região aparentemente possuem deficiência na formação de modelos internos. Mais especificamente, participantes com lesão no córtex parietal direito apresentam prejuízo na imagética motora (DANKERT, FERBER, DOHERTY, STEINMETZ, NICOLLE, & GOODALE, 2002).

Modelos internos preveem o resultado de um comando motor, permitindo que os indivíduos selecionem o plano motor mais apropriado para um movimento particular (WOLPERT D. M., 1997). Isso requer uma representação interna do movimento a ser formado. Déficit na capacidade de representar os movimentos internamente interfere com a capacidade de prever o resultado de um comando motor especial e, assim, afetam as habilidades de planejamento motor. Simulações internas incluem a observação de terceiros realizando um movimento ou através da imagética motora, ou seja, a imaginação de um movimento a partir de uma perspectiva cinestésica ou primeira pessoa, sem ocorrência de qualquer movimento (WILLIAMS, ANDERSON, REDDIHOUGH, REID, VIJAYAKUMAR, & WILSON, 2011).

Com o objetivo de avaliar as teorias que embasam a aprendizagem através da prática mental, Mulder et al. (2004) testaram se um movimento totalmente novo poderia ser aprendido através da prática mental. Jovens adultos saudáveis participaram do estudo. A tarefa envolveu a aprendizagem de um movimento isolado de abdução do hálux do pé dominante, sem qualquer movimento dos demais dedos ou do pé. Os sujeitos foram divididos em dois grupos: participantes que foram totalmente incapazes de abduzir o hálux no início do estudo e sujeitos que foram capazes de realizar algum grau de abdução do hálux, e que mostravam potencial para melhoria do movimento. Cada grupo foi subdividido em três subgrupos: prática mental, prática física e grupo controle, sendo que o último não recebia nenhum tipo de prática. Foi registrada a atividade eletromiográfica do músculo abductor do pé direito e pé esquerdo durante as sessões de prática mental, para observar se a atividade periférica estava presente. Não foi observada atividade eletromiográfica no

músculo abductor do hálux da perna direita nem no pé esquerdo em nenhum dos dois grupos, durante a prática mental. Depois de duas sessões de treino, o grupo de indivíduos que inicialmente foram capazes de realizar algum grau de abdução do hálux, apresentou melhora significativa no movimento de abdução do hálux, após a prática mental. Indivíduos que foram incapazes de abduzir o hálux no início do estudo não foram capazes de melhorar após a prática mental. Sugere-se, então, que a prática mental leva à melhora somente quando uma representação do movimento está presente. Os resultados parecem indicar que é mais plausível explicar o efeito da aprendizagem através da prática mental em termos de um mecanismo baseado na ativação de uma representação central do movimento, uma vez que um movimento totalmente novo não pode ser aprendido sem experiência anterior na execução do movimento, uma vez que nenhuma representação está disponível.

2.3 Tipos de imagética motora

O ato de imaginar pode envolver formas internas ou externas de imaginação. Na imaginação interna, o indivíduo se aproxima da situação da vida real de tal modo que a pessoa realmente imagina estar dentro do seu corpo e vivencia aquelas sensações que podem ser esperadas na situação real. Na imaginação externa, ou visual, a pessoa se visualiza do ponto de vista de um observador, como se estivesse assistindo a um filme (DICKSTEIN & DEUTSCH, 2007).

A distinção entre imaginação visual e cinestésica foi demonstrada em um estudo onde os participantes foram divididos em dois grupos (FÉRY, 2003): imaginação cinestésica e imaginação visual. Dois experimentos foram realizados. No primeiro os participantes deveriam reproduzir um desenho. Os participantes no grupo cinestésico tiveram que ensaiar mentalmente a tarefa focando a informação cinestésica, enquanto os participantes do grupo visual tiveram que imaginar o movimento demonstrado com foco na informação visual. No segundo momento, foi solicitado aos participantes praticar a tarefa mentalmente focando na duração da mesma. No segundo experimento, a tarefa foi alterada a fim de exigir coordenação bimanual para controlar o deslocamento de uma caneta por uma trilha. Os resultados mostraram que houve um desempenho superior dos participantes nos

dois grupos de prática mental (cinestésica e visual) em relação ao grupo controle (sem prática) na aprendizagem das três tarefas motoras. A imaginação visual mostrou-se superior na tarefa onde a exigência era a reprodução do desenho. Já a imaginação cinestésica foi superior na variável duração do movimento, bem como em tarefas de coordenação bimanual.

2.4 Especialização inter-hemisférica e ativação cortical durante imagética motora

O córtex motor apresenta uma organização contralateral. No entanto, diversos estudos mostram que cada hemisfério cerebral pode ser dominante para algumas funções motoras. Haaland e Harrington (1994) mostraram a dominância do hemisfério cerebral esquerdo para a programação motora, especialmente para movimentos independente de feedback sensorial e para o processamento de informações temporais envolvendo velocidade. Um estudo com tomografia por emissão de pósitrons objetivou mapear as áreas do cérebro humano que estão envolvidas na seleção de movimentos. Para isso os sujeitos foram avaliados em uma tarefa envolvendo tempo de reação de escolha. Os resultados mostraram que independentemente da mão utilizada na realização da tarefa, foi verificada ativação em áreas pré-motoras, pré-frontal e parietal do hemisfério esquerdo, sugerindo que este hemisfério é dominante para a ação em geral (SCHLUTER, KRAMS, RUSHWORTH, & PASSINGHAM, 2001).

A área motora suplementar e o córtex pré-motor são considerados fundamentais na programação e controle do movimento voluntário. O córtex pré-motor e a área motora suplementar estão envolvidos no controle de movimentos complexos e sequenciais (SHIMA & TANJI, 1998). Um estudo comparando indivíduos com preferências manuais distintas mostrou que o córtex pré-motor esquerdo apresenta uma dominância para movimentos sequenciais de ambas as mãos em indivíduos destros, enquanto que para a maioria dos indivíduos com preferência manual esquerda, prevalece uma dominância do hemisfério contralateral (HLUSTIK, SOLODKIN, GULLAPALI, NOLLI, & SMALL, 2002). Dominância do hemisfério esquerdo para movimentos habilidosos tem sido atribuída a assimetrias

anatômicas e funcionais do córtex motor primário (AMUNTS, et al., 1996). Participantes com lesões do hemisfério esquerdo, especialmente de áreas parietais, são propensos a mostrar deficiência na produção de ações com ambas às mãos, enquanto lesão no hemisfério direito produz déficits restritos à mão contralateral (WYKE, 1971). Fadiga, Buccino e Graighero (1999) verificaram que a estimulação magnética do córtex motor esquerdo aumentou a excitabilidade corticoespinal quando participantes imaginavam movimentos ipsilaterais e contralaterais da mão. Por outro lado, a estimulação do córtex motor direito revelou facilitar esta via apenas quando o movimento imaginado foi da mão contralateral. Esse achado indica um padrão de lateralização, em que o hemisfério esquerdo parece ser dominante também para a imagética motora.

Em uma meta análise, Zacks (2008) mostrou que durante a tarefa de rotação mental as regiões do cérebro consistentemente ativadas incluem o córtex parietal superior, frontal e íntero temporal. Na maioria das áreas cerebrais a ativação foi bilateral. No entanto, no córtex parietal a atividade foi mais consistente no hemisfério direito, enquanto que no córtex frontal a atividade maior ocorreu no hemisfério esquerdo.

Diversos estudos mostram que a imagética motora está associada com substratos neurais responsáveis pela geração de movimentos, envolvendo o córtex pré-frontal, área motora suplementar, cerebelo e córtex parietal superior (BUTLER & PAGE, 2006; HANAKAWA, IMMISCH, TOMA, DIMYAN, van GELDEREN, & HALLETT, 2003). Lotze et al. (1999) avaliaram a ativação cerebral durante os movimentos executados e imaginados da mão direita e esquerda em 10 indivíduos destros saudáveis, através de imageamento funcional por ressonância magnética. Os resultados mostraram ativação significativa da área motora suplementar e do córtex pré-motor durante o movimento executado e imaginado. O córtex somatossensorial foi ativado somente durante a execução motora. Maior ativação ipsilateral do cerebelo foi observada no lóbulo anterior durante a execução motora em comparação ao movimento imaginado. As regiões pré-frontal e parietal não revelaram alterações significativas durante as duas condições. Os resultados da atividade cortical suportam a hipótese de que os movimentos executados e imaginados possuem substratos neurais semelhantes. A ativação diferencial no cerebelo durante a execução motora e o movimento imaginado sugere que o

cerebelo posterior está envolvido na inibição da execução do movimento durante a imaginação.

Kuhtz-Buschbeck et al. (2003) avaliaram tarefas de diferentes graus de complexidade na ativação de regiões cerebrais durante a imagética motora. Os resultados deste estudo corroboram outros que mostram que a imagética motora ativa a área frontoparietal e o cerebelo, as quais se sobrepõem com regiões ativas durante os movimentos reais. Foi observada ainda ativação bilateral significativamente maior na área pré-motora, região parietal posterior e cerebelo durante a imagética de movimentos complexos comparado com movimentos simples. Os resultados também sugerem um envolvimento predominante de áreas pré-motoras do hemisfério esquerdo durante a imaginação de movimentos simples.

Jackson et al. (2004) avaliaram a aprendizagem em uma sequência de movimentos dos pés em indivíduos saudáveis e verificaram que as mudanças no fluxo sanguíneo cerebral, associado à execução física da tarefa no início do processo de aprendizagem, foi observado bilateralmente no córtex pré-motor dorsolateral e cerebelo, bem como no lobo parietal superior e inferior esquerdo. Após uma hora de treinamento, no entanto, essas regiões motoras já não eram significativamente ativadas, sugerindo que elas são críticas apenas para estabelecer estratégias cognitivas e rotinas motoras envolvidas na execução de uma sequência de movimento. Após a prática, um aumento do nível de atividade foi visto bilateralmente no estriado e giro reto, bem como no cíngulo anterior esquerdo e lobo parietal inferior. Um padrão similar de ativação foi encontrado na condição de imagética motora em ambas as fases de aprendizagem. Estes dados sugerem que a plasticidade que ocorre durante a aquisição de uma sequência motora também pode ser observada durante a imagética motora. Nesse estudo não foi observada alteração significativa no fluxo sanguíneo na área motora primária durante a condição imagética.

Enquanto alguns estudos relatam que a imagética motora está associada com regiões corticais envolvendo o planejamento e a preparação de movimentos, outros apontam a participação do córtex motor primário. Dechent, Merboldt e Fran (2004) avaliaram a ativação do córtex motor primário na imagética motora. A tarefa analisada consistia em um movimento de sequência de oposição dos dedos. Os resultados mostraram que a execução motora ativou o córtex motor primário, áreas pré-motoras e a área motora suplementar. Em contraposição, a imagética motora

induziu ativação da área pré-motora e área motora suplementar bilateralmente, bem como o córtex intraparietal anterior. O córtex motor primário apresentou apenas uma pequena ativação verificada no início da imaginação. Li et al. (2004) também verificaram ativação do córtex motor primário durante a imagética motora, que resultou em ativação subliminar de motoneurônios e interneurônios na medula espinhal.

2.5 Similaridades entre movimentos reais e imaginados

O resultado da imagética é examinado indiretamente através da aprendizagem ou medidas de ativação neural. No experimento o participante é instruído a imaginar, no entanto, esse processo não pode ser observado, podendo apenas ser avaliado indiretamente por meio do seu resultado comportamental ou neural. A sobreposição de representações neurais entre imagética motora e execução motora é encontrada em muitos estudos neurológicos como aqueles aqui descritos (BUTLER & PAGE, 2006; HANAKAWA, IMMISCH, TOMA, DIMYAN, van GELDEREN, & HALLETT, 2003; LOTZE, et al., 1999; JACKSON, DOYON, RICHARDS, & MALOUIN, 2004). As diferenças esperadas entre imagética motora e execução motora refletem o fato de que a imagem motora é a fase oculta de uma ação, enquanto a execução implica processos adicionais para o estágio de comportamento. Assim, correspondências e diferenças entre as imagens e a execução motora devem ser encontradas tanto no nível comportamental como neural.

Estudos prévios sobre imagética motora mostram similaridade de ativação neural entre movimentos reais e imaginados (DECHENT, MERBOLDT, & FRAHM, 2004; JACKSON, LAFLEUR, MALOUIN, & RICHARDS, 2001). A fim de avaliar se durante a imagética motora os mesmos mecanismos neurais responsáveis pela preparação e programação de movimentos reais são ativados, Decety (1996) testou o tempo gasto para imaginar e executar um movimento, o monitoramento das respostas autonômicas e a mensuração do fluxo sanguíneo cerebral em sujeitos normais durante a realização da imagética motora. No primeiro experimento, a tarefa motora consistia em desenhar um cubo ou escrever uma sentença com a mão

dominante. Os resultados mostraram que o tempo gasto na realização da tarefa executada e imaginada foi semelhante. No segundo experimento foi avaliado o tempo gasto no movimento imaginado e executado em uma tarefa simples de caminhar. Novamente os tempos entre as condições reais e imaginadas não diferiram. No terceiro experimento foram incluídos obstáculos na tarefa de caminhar, e os participantes deveriam se imaginar transpondo barras de diferentes larguras, sendo estas consideradas como fator dificultante da tarefa. O efeito da dificuldade sobre o tempo gasto na realização da atividade foi observado em ambas às condições: real e imaginada. Ainda na tarefa de caminhar, foram feitas medições da atividade cardíaca e respiratória durante o movimento real e imaginado e verificou-se uma variação da frequência cardíaca e respiratória conforme o grau de esforço exigido no movimento imaginado. Esse mesmo estudo avaliou regiões corticais ativadas durante movimentos imaginados e verificou que o aumento do fluxo cerebral é observado no córtex motor envolvido na programação do movimento real, ou seja, córtex pré-motor, cíngulo anterior, lobo parietal inferior e cerebelo.

Decety e Boisson (1990) estudaram a semelhança de tempo gasto em tarefas executadas e imaginadas em um grupo de participantes com lesão cerebral e lesão medular. O grupo consistiu de três participantes com hemiplegia direita e três participantes com hemiplegia esquerda, consequência de lesão cerebral e dois participantes com paraplegia e dois com tetraplegia, sequelas de lesão medular. Os resultados mostraram que participantes com hemiplegia apresentaram um tempo maior na tarefa de imaginar um movimento com o membro afetado quando comparado com o membro não-afetado, mostrando um padrão similar de dificuldade em realizar movimentos com o membro afetado, tanto quando o movimento é executado ou imaginado. Em contraste, participantes com lesão medular não apresentaram diferenças nos tempos gastos entre as tarefas imaginadas quando comparados a pessoas saudáveis, suportando a ideia de que a imagética motora é um processo dependente apenas da integridade de estruturas motoras restrita ao cérebro.

Rodrigues, Llanos e Gonzales(2008) verificaram a correlação entre movimentos reais e imaginados. Dois tipos de tarefas motoras foram utilizados. A primeira consistia em realizar ou imaginar movimentos o mais rápido possível e a segunda tarefa consistia em realizar movimentos em velocidades pré-definidas. Duas tarefas motoras foram utilizadas no primeiro caso, uma envolvendo sequencias

motoras complexas (realização de uma sequência de movimentos dos dedos com diferentes graus de dificuldade – tarefa 1) e uma segunda envolvendo movimentos precisos (tocar círculos de diâmetros diferentes com a ponta de um lápis- tarefa 2). Dois padrões de movimentos também foram utilizados no segundo caso. Um baseado na realização de um movimento periódico com o dedo indicador a uma taxa pré-definida (tarefa 3) e a outra baseada na realização de um movimento rotativo contínuo com a mão a uma velocidade pré-definida (tarefa 4). Uma alta correlação entre movimento real e imaginado foi observada na tarefa 1, sendo que a congruência aumentou com a complexidade da tarefa. Movimentos imaginados apresentaram tempo maior do que movimentos reais quando tarefas motoras simples foram realizadas (50% a mais para movimentos com um dedo), uma diferença que diminuiu com a complexidade da tarefa e que finalmente desapareceu na sequência envolvendo os cinco dedos. Na tarefa 2, o tempo necessário para executar movimentos precisos aumentou quando o diâmetro do alvo diminuiu. No entanto, este aumento não foi observado para os movimentos imaginados, indicando uma falta de congruência entre movimentos reais e imaginados nessa tarefa. Movimentos imaginados eram sempre mais rápidos do que os movimentos reais. Na tarefa de movimento periódico, o tempo de execução e a variabilidade do movimento foram similares entre os movimentos reais e imaginados, mas nenhuma correlação foi observada. Velocidade de movimento é um componente crítico do planejamento motor, o que justifica a alta correlação encontrada no tempo de execução de movimentos reais e virtuais. Tarefas motoras simples são normalmente executadas sem supervisão consciente e sob a ação de uma regulação automática via feedback. Movimentos automáticos são geralmente mais rápidos do que aqueles com necessidade de supervisão e o movimento imaginado é por definição um fenômeno consciente. Assim, a baixa congruência observada entre tarefas motoras simples poderia ser a consequência de uma ativação de mecanismos automáticos sem supervisão, que diferem das ações motoras complexas que sempre precisam de atenção e supervisão. Uma redução mais acentuada da congruência entre a tarefa real e imaginada foi encontrada no paradigma experimental destinado a produzir movimentos com uma velocidade pré-determinada, que foi baixa para movimentos rítmicos do dedo indicador e praticamente ausente nos movimentos contínuos de rotação da mão. Esses dados mostram que a capacidade de imagética motora para

produzir simulações realistas do movimento não é o mesmo para todas as tarefas motoras.

3 Prática mental

3.1 Prática mental em indivíduos saudáveis

Enquanto imagética motora se refere a uma operação cognitiva específica, a prática mental é um método de treinamento que envolve a repetição da imaginação de uma ação com o propósito de melhoria de desempenho motor (Dickstein & Deutsch, 2007).

Estudos prévios compararam a prática mental com a prática física em indivíduos saudáveis, bem como a associação destas práticas no processo de aprendizagem. Hird et al. (1991) compararam seis condições de prática física e mental sobre a performance de tarefas motoras. Duas condições envolviam 100% de prática física e 100% de prática mental. As demais condições associavam prática física e prática mental, em diferentes proporções: 75% de prática física com 25% de prática mental; 50% de prática física com 50% de prática mental e 75% de prática mental com 25% de prática física. O grupo controle não realizava nenhum tipo de prática, porém realizava diferentes tipos de atividades durante as sessões de prática. Os resultados mostraram que a prática mental sozinha era melhor do que nenhuma prática. Também foi mostrado que quanto maior a quantidade de prática física, maior o desempenho no pós-teste. Algumas revisões já haviam mostrado que a prática por imagética apresentava resultado inferior aos indivíduos que treinaram fisicamente a mesma tarefa. No entanto, quando este grupo era comparado ao grupo controle, que não realizavam treinamento, ficava evidente que a prática mental facilitava o desempenho (DRISKELL, COPPER, & MORAN, 1994; FELTZ & LANDERS, 1983).

Allami et al. (2008) compararam diferentes combinações de prática física e mental em uma tarefa de encaixe, envolvendo velocidade e precisão. Os sujeitos foram divididos em 5 grupos: GO- prática física isolada, G25, G50 e G75 que

combinaram diferentes proporções de prática mental com posterior prática física e GC-grupo controle, que realizou a imaginação de outra tarefa, envolvendo rotação visual, seguida por prática física da tarefa experimental, aplicada aos demais grupos. A variável analisada foi o tempo de movimento. Os resultados mostraram que todos os grupos aprenderam, sugerindo que a prática mental é equivalente à prática física. Diferente do estudo citado anteriormente, quanto maior a proporção de prática mental, melhor o desempenho observado. O tempo de movimento do primeiro ensaio executado nos grupos com prática mental foi significativamente menor em relação ao primeiro ensaio executado no grupo físico (G0), indicando que a prática mental é melhor do que nenhuma prática. Comparação entre o primeiro ensaio executado nas condições G25, G50 e G75 com os ensaios correspondentes em G0, mostrou equivalência entre a prática física e mental. Os autores concluíram que a prática mental leva a um desempenho semelhante à prática física e que este tipo de prática auxilia no processo de aprendizagem.

Outro recente estudo também comparou prática física com prática mental sobre o desempenho em uma tarefa de apontar envolvendo precisão e velocidade. O objetivo foi quantificar o processo de aprendizagem e alterações cinemáticas durante a prática mental e a prática física, além de verificar a retenção dessas alterações em longo prazo. Foi encontrada correspondência entre a duração do pré-teste (tarefa executada) e o primeiro treino com prática imagética, o que corrobora estudos prévios (DECETY & BOISSON, 1990; DECETY, 1996). Foi encontrada também forte similaridade temporal entre os movimentos executados e imaginados, fortalecendo a evidência de que os indivíduos simularam mentalmente os movimentos do braço com alta precisão. No primeiro experimento foram encontradas similaridades qualitativas nas curvas de aprendizagem entre o movimento real e imaginado. Esse achado sugere que tanto a prática mental como a prática física apresentam processos plásticos de aprendizagem. Apesar de diferenças quantitativas terem sido encontradas nas curvas de aprendizagem entre a prática mental e a prática física (a taxa de aprendizagem durante a prática mental foi pequena quando comparada com a prática física) foi observada melhora na trajetória e velocidade do braço após a prática mental, tanto imediatamente como um dia após a prática, o que demonstra que houve melhora do desempenho, levando a aprendizagem motora em ambos os tipos de prática (GENTILI, HAN, SCHWEIGHOFER, & PAPAXANTHIS, 2010).

Em estudo anterior, Gentili, Papaxantis e Pozzo (2006) examinaram os efeitos da prática mental no desempenho de apontar com o braço, por meio de uma tarefa motora que impôs interdependência entre velocidade e precisão. Os sujeitos foram separados em quatro grupos. Grupo 1: controle passivo, que não recebeu nenhum treinamento. Os sujeitos distraíam-se lendo ou conversando por 45 minutos, o mesmo intervalo de tempo comparável aos três outros grupos. Grupo 2: controle ativo: foram treinados apenas movimentando seus olhos. Esse grupo foi adicionado, pois durante a prática mental, enquanto os sujeitos não movimentavam seus braços, houve movimento ocular ocorrendo de um alvo ao outro enquanto os sujeitos imaginavam que apontavam para eles. Grupo 3: treino físico, treinados para fazer os movimentos de apontar. Grupo 4: prática mental, treinados para simular internamente o movimento de apontar para os alvos. Os resultados mostraram aumento na velocidade de movimento para o grupo de prática física e mental, sendo essa diferença maior e mais evidente no grupo de prática física. Em ambos os grupos controle não houve qualquer diferença na duração dos movimentos. Assim, concluiu-se que a prática mental pode levar a melhora do desempenho.

Amemiya et al. (2010) avaliaram os efeitos da prática mental na melhora da execução de uma sequência de toques e transferência intermanual. Os sujeitos foram divididos aleatoriamente em três grupos: prática física, prática mental e grupo controle. Todos os grupos foram treinados a realizar uma sequência de toques com a mão esquerda sobre um teclado numérico, o mais rápido possível. Três testes foram aplicados: pré e pós-teste e um teste de transferência com a mão contralateral (direita). Durante a fase de treino foi medida a ativação neural de áreas motoras. Os resultados mostraram que a prática mental levou à melhora no desempenho com a mão ipsilateral, bem como na transferência para a mão contralateral. O grupo de prática física apresentou melhora significativa do desempenho apenas para a mão esquerda treinada. Assim, ambos os grupos mostraram melhora no desempenho com a mão esquerda, porém o efeito de transferência foi encontrado apenas no grupo de prática mental. A área motora suplementar foi significativamente mais ativada no grupo de prática mental.

Outro estudo comparou os efeitos da prática mental combinada com a prática física e prática física isolada na retenção e transferência de uma habilidade motora fechada em crianças entre 8 e 10 anos. Esse estudo também tinha como objetivo determinar a eficácia entre a imagem visual e cinestésica e a relação entre

vivacidade de imagem de movimento e desempenho motor. Os participantes foram divididos em 6 grupos e submetidos a diferentes condições experimentais. Grupo de prática física combinada com imagem visual, grupo de prática física combinada com imaginação cinestésica, grupo de imaginação visual, grupo de imaginação cinestésica, grupo de prática física específica, grupo controle. A tarefa experimental consistia em jogar uma bola com a mão dominante em direção a um alvo composto por 3 círculos. Os resultados mostraram que no pós-teste o desempenho de todos os grupos de prática mental e prática física foram semelhantes e superiores ao grupo controle. Na fase de transferência o desempenho dos grupos de prática física combinada com imaginação cinestésica e prática física combinada com imaginação visual foram superiores ao grupo de prática física isolada (TAKTEK, St-JOHN, & ZINSSER, 2008).

3.2 Prática mental em indivíduos com disfunções neurais

Estudos dos efeitos da prática mental na reabilitação têm sido realizados principalmente em participantes adultos, sobretudo naqueles pós-acidente vascular encefálico (AVE) e relata aumento do movimento das mãos e dos dedos, melhora no movimento do tornozelo e do desempenho da passagem do sentar para a posição em pé (STEVENS & STOYKOV, 2003).

Liu (2009) pesquisou a eficácia da prática mental na reaprendizagem de tarefas funcionais em participantes com AVE. Os participantes foram divididos em dois grupos: prática mental e prática física. Ambos os grupos participaram de 15 sessões, com duração de 1 hora cada, três vezes por semana. O grupo de prática mental apresentou melhores resultados na reaprendizagem de tarefas de vida diária quando comparado com o grupo de prática física. A prática mental também induziu maior capacidade de retenção das tarefas treinadas e de transferência do aprendizado para outras tarefas. Em estudo posterior, Liu et al. (2009) testaram a eficácia do treino por imagética em transferir habilidades aprendidas em um ambiente controlado, como hospitais, para outros ambientes (casa, trabalho). Indivíduos pós-AVE na fase aguda foram incluídos no estudo e divididos em dois grupos: prática mental e terapia convencional. O grupo de prática mental mostrou

melhora significativa em 4 das 5 tarefas treinadas em oposição a melhora de apenas 1 tarefa do grupo de terapia convencional, além de conseguir transferir o aprendizado para ambientes diferentes daquele de treinamento.

Dickstein, Dunsky e Marcovitz (2004), avaliaram a melhora do padrão de marcha em um estudo de caso pós-AVE. O protocolo consistiu de 15 minutos de treinamento por sessão, 3 vezes na semana, pelo período de 6 semanas. Cada sessão de prática foi dividida em prática mental sobre perspectiva interna e externa. Após intervenção foi observado aumento de 20% na velocidade da marcha, 19% no comprimento do passo e 9% na cadência. Houve diminuição dos períodos de suporte duplo. Na análise cinemática foi observado aumento da extensão do joelho na fase de contato inicial da marcha e fase de apoio e melhora na flexão de joelho durante a fase de balanço.

Page et al. (2001) avaliaram a eficácia da prática mental no aumento da função e uso do membro afetado em participantes pós-AVE. Os participantes com hemiparesia foram divididos em dois grupos. Um grupo realizava cinesioterapia e prática mental e em outro grupo a cinesioterapia era acompanhada de técnicas de relaxamento. Em ambos os grupos os participantes receberam sessões de 30 minutos de terapia, dois dias por semana, durante seis semanas. As sessões enfatizavam atividades de vida diária. Os resultados mostraram que o grupo que recebeu a cinesioterapia combinada à prática mental obteve resultados mais significativos do que o grupo de cinesioterapia combinada com exercícios de relaxamento.

Um programa de prática mental, envolvendo imaginação de movimentos com o punho (extensão, pronação e supinação) e simulações mentais de manipulação de longo alcance foi aplicado a dois participantes com hemiparesia crônica direita. Foram realizadas 12 sessões, três vezes por semana durante 4 semanas. Foi observada melhora do desempenho com o membro parético após prática mental, indicada pelos aumentos na pontuação da avaliação de funcionalidade e diminuição do tempo de movimento. As melhorias observadas mantiveram-se estáveis ao longo de um período de 3 meses. Estes resultados demonstram o potencial uso da prática mental como uma estratégia cognitiva para recuperação funcional na hemiparesia (STEVENS & STOYKOV, 2003).

Um ensaio clínico randomizado avaliou o benefício terapêutico da prática imagética em participantes com AVE, que apresentavam fraqueza persistente dos

membros superiores dentro do período de 6 meses após o AVE. Os participantes elegíveis foram randomizados para um dos três grupos: prática mental cinestésica (experimental) e dois grupos controle. Um grupo controle (placebo) recebeu treinamento com outras formas de ensaio mental, não relacionados ao controle motor, como imagens visuais de objetos. No segundo grupo controle, os participantes receberam tratamento convencional de fisioterapia sem nenhum treinamento adicional. No grupo experimental os participantes realizaram prática mental dos movimentos do membro superior. Os primeiros 30 minutos de cada sessão foram reservados para a prática mental, onde os participantes eram instruídos a imaginar uma variedade de movimentos elementares com sua mão parética (abertura e fechamento da mão, rotação de pulso, elevação do braço), bem como movimentos direcionados (alcançar, agarrar e levantar), além de atividades de vida diária. A prática mental também foi estimulada através de vídeos e uso de espelhos, e uma tarefa de rotação das mãos, em que o participante deveria fazer julgamento da lateralidade. Os resultados deste estudo, ao contrário dos estudos citados anteriormente, não mostraram evidência do benefício de prática mental no acidente vascular cerebral. Nenhuma melhoria aprimorada como resultado da prática mental foi encontrada em qualquer uma das medidas analisadas. Esses resultados são hipoteticamente explicados devido a população ser composta por participantes com AVE na fase aguda, sugerindo que a recuperação espontânea mascarou o efeito sutil da prática mental (IETSWAART, JOHNSTON, JOICE, SCOTT, MACWALTER, & HAMILTON, 2011).

Zimmermann- Schlatteret al. (2008) em uma revisão sistemática, exploraram o potencial e eficácia da prática mental na reabilitação pós-AVE através da análise de ensaios clínicos randomizados que compararam a fisioterapia convencional ou terapia ocupacional com prática mental combinada. Esta revisão indicou que a prática mental apresenta um benefício adicional em comparação a fisioterapia ou terapia ocupacional isolada, sendo que três estudos mostraram efeitos positivos das intervenções de prática mental sobre as avaliações aplicadas relacionadas à funcionalidade do membro parético e um estudo mostrou efeitos significativos sobre tarefas funcionais.

Em outra revisão sistemática, com o objetivo de determinar se a prática mental leva a uma melhora na reabilitação da extremidade superior para os indivíduos pós-AVE, foram analisados seis ensaios clínicos randomizados que

compararam a prática mental com outros tipos de tratamento (BARCLAY-GODDARD, STEVENSON, POLUHA, & THALMAN, 2011). A análise mostrou que a prática mental combinada com outros tratamentos mostra-se mais eficaz na melhoria da função do membro superior parético quando comparado a tratamentos isolados. Nessa revisão, não foi possível determinar o tempo de treinamento mais adequado para a prática mental para obtenção de melhores resultados.

Em participantes com PC são escassos os estudos sobre prática mental, tendo sido feita apenas a verificação da capacidade imagética desses participantes. Recentemente, foi realizado um estudo em crianças com PC do tipo diparesia espástica e coreoatetóide, com o objetivo de verificar a melhora de desempenho na habilidade de subir uma escada através do treino por prática mental. As crianças foram divididas em dois grupos: prática mental e grupo controle, sendo que o último não realizou nenhum tratamento. Os resultados encontrados mostraram ganhos evidentes de desempenho no grupo prática mental, com uma das crianças reduzindo em 193 s o tempo gasto para completar a tarefa (SARTORI, NARUMIA, & TEIXEIRA, 2010). Uma melhora de desempenho de tal magnitude resultante de prática por imagética sugere que os efeitos deste procedimento para aprendizagem motora são bastante efetivos em indivíduos com PC.

4 Paralisia Cerebral

Em 2004, a *International Working Group on Definition and Classification of Cerebral Palsy* definiu a PC como um grupo de desordens permanentes do desenvolvimento da postura e movimento, causando limitação da atividade, que são atribuídos a um distúrbio não progressivo que ocorre no desenvolvimento fetal ou no cérebro imaturo. Ainda nessa data foi incluído que as desordens motoras na PC podem ser acompanhadas por distúrbios da sensação, percepção, cognição, comunicação e comportamento, além de epilepsia e problemas musculoesqueléticos secundários (ROSEMBAUM, 2007).

A PC é classificada em: espástica, caracterizada por hipertonia muscular, associada à fraqueza muscular, causada por lesão no sistema piramidal; extrapiramidal, caracterizada pela presença de movimentos involuntários, em função

de uma lesão nos núcleos da base; e atáxica, em que a lesão ocorre no cerebelo e acarreta uma incoordenação axial e déficit de equilíbrio (MORRIS, 2007).

Em relação à distribuição topográfica a PC espástica pode ser classificada em diparesia, hemiplegia e tetraparesia (NELSON & ELLENBERG, 1978; Blair & Stanley, 1997). Nesse estudo em específico, a amostra será composta de participantes com PC com hemiplegia espástica.

Palisano et al. (1997) desenvolveram o *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS) baseado no conceito de desabilidade e limitação funcional, definida pela *International Classification of Impairments, Disabilities, and Handcaps*. Esse instrumento foi desenvolvido em razão da necessidade de um sistema padrão de classificação da severidade do comprometimento funcional em crianças com PC. O GMFCS define 5 níveis de funcionalidade, para quatro grupos etários: antes dos 2 anos, 2 a 4 anos, 4 a 6 anos e 6 a 12 anos. Crianças do nível I, que fizeram parte da amostra desse estudo, podem realizar todas as atividades que outras crianças da mesma idade, apesar de alguma dificuldade na velocidade, equilíbrio e coordenação (MORRIS, 2007).

Uma variedade de desordens motoras está associada à PC. Na PC espástica a função motora é caracterizada pelo aumento de submovimentos (CHANG, WU, WU, & SU, 2005), ordem inadequada de recrutamento muscular (Steenbergen, 2000), maior variabilidade da trajetória da mão e um aumento de movimentos do tronco (STEENBERGEN, MEULENBROEK, & ROSENBAUM).

A principal consequência da PC é o comprometimento global do desenvolvimento, especialmente na mobilidade, e em outros aspectos como a aprendizagem (BECKUNG & HAGBERG, 2002). Monteiro et al. (2010) analisaram o processo de aprendizagem motora em crianças com PC. A tarefa consistia em realizar um caminho em um labirinto, no menor tempo possível. Os resultados mostraram que indivíduos com PC, apresentaram melhora no desempenho na tarefa testada, observado pela diminuição do tempo de execução ao longo da fase de aquisição. Também foi verificado na tarefa de transferência que os indivíduos com PC mostraram capacidade de adaptação equivalente aos indivíduos do grupo controle.

Indivíduos com dificuldades motoras frequentemente são mais lentos na execução dos movimentos, como resultado da sua dificuldade de organização e coordenação do movimento (HAGBERG, 2005), causada por lesões em diferentes

regiões do encéfalo. Estudos mais recentes mostram que a PC é caracterizada não somente por problemas na execução do movimento, mas também pelo comprometimento do planejamento motor. Desvios no padrão de movimento também são observados nesses indivíduos quando a tarefa é realizada com a mão não comprometida (STEENBERGEN B. G., 2006; BARELA & ALMEIDA, 2006).

4.1 Déficit de planejamento motor e imagética motora na PC

Planejamento motor antecipatório é definido como a habilidade de ir além da informação imediatamente disponível e prever as exigências futuras da ação (STEENBERGEN, CRAJÉ, NILSEN, & GORDON, 2009). O planejamento motor parece ser um pré-requisito para a imagética motora, uma suposição que é corroborada pela constatação de que os mesmos mecanismos neurais ativados durante a imagética motora também o são durante o planejamento do motor (SIRIGU & DUHAMEL, 2001; WOHLSCHLAGER, 2001).

Estudos mostrando o desenvolvimento do planejamento motor em crianças saudáveis mostram uma variação em relação à idade em que essa habilidade começa a ser desenvolvida. Segundo Adalbjornsson, Fischman e Rudisilli (2008), o planejamento motor se desenvolve a partir dos 6 anos de idade. Em contraposição, Smyth e Mason (1997) avaliando o planejamento em crianças entre 3 e 8 anos, observou que as crianças apresentavam planejamento antecipatório, ou seja, elas adaptavam a postura inicial da mão, a fim de obter uma postura final confortável na tarefa testada e que isso melhorava com a idade. Assim, conclui-se que o planejamento da ação se desenvolve entre os 3 e 8 anos, embora ainda não tenha atingido o padrão do adulto.

Craje et al. (2010) investigaram o desenvolvimento do planejamento de ações em crianças com PC com hemiparesia, com idades entre 3 e 6 anos, comparado com crianças com o desenvolvimento típico (grupo controle). A tarefa consistiu em agarrar um objeto (uma espada de madeira) e colocá-lo em um buraco sobre um bloco de madeira. A principal variável dependente foi o tipo de preensão que os participantes utilizavam, ou seja, se eles adaptavam a sua escolha inicial de preensão de tal modo a alcançar uma postura confortável no final da ação,

caracterizando um planejamento antecipatório da ação. O grupo de PC foi submetido a oito semanas de intervenção (terapia de contenção induzida e treino de tarefas com exigências bimanuais). Os resultados mostraram que o planejamento foi prejudicado no grupo com PC em comparação com o grupo controle. Foi encontrado um efeito da idade apenas no grupo controle, sendo que crianças com idade entre 5 e 6 anos apresentaram melhor antecipação do movimento em relação as crianças com idade entre 3 e 4 anos. No entanto, as crianças mais velhas não chegaram a um nível semelhante àquele dos adultos, uma vez que não apresentaram postura final confortável em todos os ensaios. Nesse mesmo estudo também foi possível verificar uma melhora do planejamento motor no grupo de paralisia cerebral após as oito semanas de intervenção, mostrando que a capacidade de planejar ações nesse grupo é passível de mudança e melhorias. O planejamento motor é um aspecto cognitivo do controle motor e por isso a utilização de prática mental pode ser uma técnica promissora para melhorar o planejamento motor em crianças com PC com hemiparesia.

Mutsarts, Steenbergen e Bekkering (2005) já haviam mostrado déficits no planejamento motor em indivíduos com PC. Neste estudo foi avaliado o desempenho em adolescentes com PC com hemiparesia direita em duas condições experimentais. A primeira consistia em agarrar um hexágono e encaixá-lo o mais rapidamente possível em uma de cinco posições disponíveis. Na segunda condição o hexágono deveria ser girado a 60° ou 120° . Os resultados mostraram que na primeira condição participantes com PC e controles saudáveis apresentaram a mesma relação temporal entre as posições, com tempos de movimento maiores para posições de preensão menos confortáveis. Na segunda condição foi observado tempo de movimento mais longo nas tarefas exigindo maior rotação do hexágono para indivíduos com PC, mas não para os controles. Esses resultados levam à conclusão de que os participantes com PC não completaram o processo de planejamento antes de o movimento ser iniciado, realizando parte do planejamento da ação durante sua execução.

4.2 PC e imagética motora

Mutssarts, Steenbergen e Bekkering (2007) avaliaram participantes com PC em uma tarefa em que eram apresentadas figuras de mãos rodadas em diferentes graus e os participantes tinham que fazer julgamentos sobre se uma figura apresentada era da mão direita ou esquerda. Participaram desse estudo adolescentes com hemiparesia espástica direita ou esquerda e controles normais. Os resultados mostraram que para o grupo controle e o grupo de PC com hemiparesia esquerda foram encontradas relações lineares entre o tempo de reação e o ângulo de rotação, ou seja, quanto maior o ângulo de rotação maior o tempo de reação encontrado. Em contraste, no grupo de PC com hemiparesia direita não foi observada relação linear entre tempo de reação e ângulos de rotação, sugerindo um déficit no planejamento antecipatório e na imagética motora nessa população. Uma explicação dada pelo autor para os resultados é que os participantes estavam engajados em imagens visuais, para tomar as decisões de lateralidade e que devido ao grau de rotação houve uma incongruência entre a postura da figura exibida e a mão responsável pela resposta motora na determinada tarefa.

Steenbergen, Ninwegwn & Crajé (2007) realizaram um estudo em que foram analisados separadamente respostas da mão afetada e não-afetada em participantes com hemiparesia. O envolvimento dos participantes na imagética motora (imaginação cinestésica) foi relacionado a assimetrias nas respostas, de modo que o movimento realizado com a mão afetada seria mais lento, especialmente em ângulos de rotação mais distantes de uma postura confortável. Foram formados três grupos: um grupo controle, de participantes sem histórias de desordens neurológicas, um grupo com participantes com PC com hemiparesia direita e um grupo com PC com hemiparesia esquerda. A tarefa consistiu em fazer julgamento da lateralidade de figuras de mãos rodadas a 20°. Participantes tinham que pressionar o botão direito quando o estímulo era uma imagem de uma mão direita e com o botão esquerdo para a imagem de uma mão esquerda. Todos os três grupos mostraram relação linear entre o ângulo de rotação e o tempo de reação. Essa relação foi mantida para os membros afetado e não-afetado nos grupos de indivíduos com PC, porém não foi encontrado assimetria nas respostas em função da mão usada. Os resultados sugerem que os participantes com PC conseguem

realizar a tarefa de rotação mental, porém com provável predomínio da imaginação visual, uma vez que não foi encontrada assimetria interlateral nas respostas.

Sirigu e Duhamel (2001), numa tarefa que envolvia imaginar a mão numa determinada orientação no espaço e fazer o julgamento da lateralidade, observaram que uma mudança na postura real da mão do participante (à sua frente ou posicionada para trás), bem como na instrução dada de como imaginar a mão (primeira e terceira pessoa) influenciavam o tempo de reação para o julgamento da lateralidade. Na condição em que os sujeitos repousaram suas mãos no colo, à sua frente, o tempo de reação foi menor na perspectiva de primeira pessoa em relação a terceira pessoa. Este efeito é explicado pelo fato de as imagens em primeira pessoa permitirem um mapeamento direto favorecido pelo esquema corporal. Na condição em que os sujeitos foram instruídos a permanecer com a mão para trás foi verificada vantagem para a condição de imaginação visual. Com base nessas diferenças foi sugerido que a postura de mãos para trás facilitou ao participante a formação de uma representação mental da mão do experimentador, dissociada da sua própria imagem. Nesse mesmo estudo, um paciente, com tumor do lobo parietal esquerdo e outro com lesão bilateral das estruturas inferotemporal, com deficiências de reconhecimento visual e persistente incapacidade para visualizar mentalmente a forma de objetos e rostos foram também avaliados. Foi verificado que lesões que causam deficiências nas imagens visuais, preservam a capacidade de imaginação sobre a perspectiva de primeira pessoa, ou imaginação cinestésica. Já lesões no lobo parietal causam incapacidade de fazer uso da imaginação cinestésica, preservando a imaginação visual.

Um estudo mais recente comparou crianças com PC com hemiparesia direita ou esquerda, com um grupo controle composto de crianças com desenvolvimento típico, em uma tarefa de rotação mental, onde deveria ser feito o julgamento da lateralidade de mãos rodadas (WILLIAMS, REUD, REDDIHOUGH, & ANDERSON, 2011). Os resultados indicaram efeito para tempo de reação e ângulo de rotação em todos os grupos. O grupo com hemiparesia esquerda foi menos preciso do que o grupo controle em três dos cinco ângulos. Estes resultados não suportam a hipótese de que os déficits de imagética motora são mais propensos a ser observados em indivíduos com hemiparesia direita. A precisão reduzida no grupo com hemiparesia esquerda pode estar relacionada à elevada proporção de crianças neste grupo com baixo nível de funcionalidade dos membros superiores. Os resultados indicaram que

crianças com hemiplegia são capazes de fazer uso da imagética motora para executar uma tarefa e que a velocidade e precisão do movimento estão menos relacionadas ao lado da lesão e mais com o nível de funcionalidade.

5 Objetivo

O objetivo desse estudo foi comparar os efeitos de prática mental pura, prática física pura e prática mental combinada com prática física na aprendizagem em uma tarefa de toque manual em alvo espacial em adolescentes com paralisia cerebral do tipo hemiparesia em função do hemisfério cerebral lesado.

6 Hipóteses

As seguintes hipóteses foram formuladas:

- (1) prática por imagética pura do braço parético induz a aprendizagem motora para lesão no hemisfério cerebral direito e esquerdo;
- (2) prática por imagética pura do braço parético induz ganhos menores na aprendizagem motora para lesão no hemisfério cerebral esquerdo;
- (3) prática por imagética combinada com prática física do braço parético induz ganhos de aprendizagem motora superiores à prática mental ou física puras para lesão no hemisfério cerebral direito e esquerdo.

7 Método

7.1 Participantes

Participaram deste experimento adolescentes com PC com lesão do hemisfério cerebral direito (n=16, 8 masculinos) ou esquerdo (n = 15, 8 masculinos), com idades entre 11 e 16 anos (M =13,58 anos, SD= 1,74). Todos os participantes apresentavam fala não-afetada. Os critérios de inclusão foram os seguintes: diagnóstico de PC do tipo hemiparesia espástica com lesão do hemisfério cerebral direito ou esquerdo, GMFCS I, não ter sido submetido à aplicação de bloqueio periférico em membros superiores por período superior a 2 meses antes do estudo, não possuir retardo mental, hiperatividade, déficit de atenção, déficits visuais, distonia ou atetose, e possuir capacidade funcional com o membro superior parético em atividades diárias. Os critérios de exclusão foram os seguintes: faltas seguidas nas sessões de treinamento, incapacidade de seguir instruções para execução da tarefa, incapacidade de manter preensão da manopla empregada na tarefa experimental, e incapacidade de responder a um questionário de dados pessoais. Com base nestes critérios, foram excluídos 18 participantes. Os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O protocolo experimental foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Associação de Assistência à Criança Deficiente.

7.2 Tarefa e equipamento

A tarefa experimental era realizada com os participantes sentados, com um alvo circular colocado sobre uma mesa de tamanho padrão à sua frente. A tarefa motora consistiu em tocar o alvo o mais rapidamente possível empregando o braço parético. O movimento era iniciado de uma posição ipsilateral ao braço parético. O toque era feito com uma ponteira presa a uma manopla empunhada pelo participante, favorecendo movimentos com o a palma da mão voltada para baixo. A ponteira tinha comprimento igual a 10 cm a partir da superfície de contato com a mão. O alvo media 2 cm de diâmetro e distava 30 cm da posição inicial no plano frontal. Na posição intermédia entre o alvo e a posição inicial foi colocado um

obstáculo confeccionado em EVA, medindo 3 cm de altura x 3 cm de profundidade x 3 cm de largura. Este obstáculo exigia a execução de movimentos aéreos em direção ao alvo. O participante foi posicionado de forma a ficar com seu plano sagital mediano alinhado com o obstáculo, 20 cm de distância da placa contendo o alvo (Figura 1). Cada tentativa era iniciada com a ponteira sobre a posição inicial e o participante recebia instrução para tocar o alvo com a ponteira o mais rapidamente possível. Na instrução era enfatizada a importância da rapidez de movimentos sem erro espacial no toque no alvo e sem resvalar no obstáculo.

Para avaliação dos movimentos, foram colocados marcadores passivos de 1 cm de diâmetro fixados nos seguintes pontos anatômicos: falange distal do segundo dedo, punho, linha articular do cotovelo, acrômio dos braços homolateral e contralateral, e manúbrio do esterno. Além disso, foi colocado um marcador na extremidade distal da ponteira. Os marcadores foram rastreados por meio de quatro câmeras optoeletrônicas (Vicon).



Figura 1 – Imagem da tarefa experimental, mostrando o toque do alvo do lado esquerdo de um participante com hemiparesia direita, ponteira manuseada e parte dos marcadores.

7.3 Delineamento experimental e procedimentos

Os procedimentos eram iniciados com a aplicação de um questionário de dados pessoais aos participantes. Em seguida, era realizado exame físico para medidas de amplitude de movimento ativo de flexão de ombro, extensão de cotovelo, extensão de punho, extensão de dedos, usando-se um goniômetro (tabela 3).

Para a parte principal do experimento, os adolescentes foram divididos em quatro grupos. Para cada hemisfério lesado foram constituídos um grupo experimental recebendo prática mental (PMD e PME, para os grupos com hemiparesia direita e esquerda, respectivamente) e um grupo controle (CD e CE, para os grupos com hemiparesia direita e esquerda, respectivamente). Cada grupo teve 8 participantes, exceto CE que teve 7 participantes. As sessões de prática foram divididas em dois dias. No primeiro dia, o treino por prática mental para os grupos PMD e PME foi composto por duas sessões de 50 ensaios mentais de toque no alvo, com intervalo de 10 min. entre elas. Cada sessão foi constituída por 5 blocos de 10 ensaios, com 1 min. de repouso passivo entre os blocos. Os participantes dos grupos experimentais eram instruídos a fazer a imaginação interna proprioceptiva com o braço parético, simulando mentalmente os movimentos e respectivas sensações proprioceptivas da tarefa. Durante as sessões de prática mental o participante ficava sentado, com as mãos relaxadas e com os olhos fechados. Os participantes recebiam instruções verbais solicitando se imaginarem sentados em uma cadeira, com uma mesa à sua frente sobre a qual estava disposta uma placa com os dois alvos. A instrução era a seguinte: “Feche os olhos e imagine você sentado, com esta mesa à sua frente, realizando o movimento que eu acabei de demonstrar e que você também realizou. Imagine você pegando a ponteira com a mão que você tem mais dificuldade e a levando, o mais rápido possível, acertando no alvo. Lembre-se de não bater no obstáculo. Imagine esse movimento, pensando em todas as sensações que ele proporciona”.

A instrução verbal era associada à demonstração dos movimentos pelo experimentador, com o movimento executado de frente para o participante logo após a instrução verbal. Após demonstração o participante realizava uma única tentativa da tarefa experimental, para familiarização com a mesma. Durante a prática os participantes eram constantemente lembrados de que a prática mental deveria ser feita com o braço parético. O participante era instruído a não falar nem realizar qualquer movimento durante o experimento. Era solicitado um sinal verbal (“já”) indicando o início e término de cada ensaio mental. Os grupos controle (CD e CE) realizavam nesta fase um jogo de computador denominado Tetris. Neste jogo os participantes manipulavam as teclas do teclado de um computador com sua mão não parética. O jogo consiste em empilhar peças virtuais com diferentes formas geométricas que descem da tela do computador de forma a completar linhas

horizontais. Quando uma linha se forma, ela se desintegra, as camadas superiores descem e o jogador ganha pontos. Quando a pilha de peças chega ao topo da tela, a partida se encerra. O jogo era acessado online através da homepage: www.freetetris.org. Os participantes ficavam entretidos com o jogo pelo período de 5 min. Em seguida, havia um intervalo de 10 min. e novamente o participante jogava por mais 5 min. Estes tempos foram similares àqueles empregados durante a prática mental dos grupos experimentais.

A fase subsequente foi realizada em um período entre 24 e 48h após a primeira fase. Nesta fase, os grupos experimentais e respectivos controles receberam o mesmo tratamento, realizando prática física com o braço parético na tarefa experimental. Os participantes eram instruídos a fazer o movimento de contato com o alvo com rapidez e precisão antes do início da prática. Esta instrução era reforçada periodicamente durante esta fase. Os grupos controle, assim, tiveram uma sessão de prática física pura, enquanto os grupos experimentais tiveram o efeito da prática mental na sessão prévia combinado ao efeito da prática física nesta sessão. Foram realizadas duas sessões de prática, com intervalo de 10 min. passivos entre as sessões. Cada sessão foi composta por 5 blocos de 10 tentativas, com intervalo de 1 min. entre cada bloco. Não era oferecido conhecimento de resultados.

As avaliações principais foram feitas por meio de três tentativas com a mão parética, nas mesmas condições de prática física. As avaliações motoras foram feitas (a) imediatamente após as atividades do primeiro dia do experimento, correspondendo à avaliação dos efeitos imediatos de prática mental (pós-teste 1). No segundo dia foram realizados os seguintes testes: (b) antes da sessão de prática física, teste de retenção da prática mental (retenção 1), (c) imediatamente após o término da segunda sessão de prática, correspondendo à avaliação dos efeitos imediatos de prática física dos grupos controle e da combinação de prática física e prática mental dos grupos experimentais (pós-teste 2), e (d) 30 min. após o fim da prática física, correspondendo à avaliação de persistência dos efeitos da última sessão de prática (retenção 2) (Quadro 1).

Tabela 1 – Sumário do delineamento experimental.

	Prática	PT1	Repouso	R1	Prática	PT2	Repouso	R2
PMD	MD	direita	24-48 h	direita	FD	direita	30 min.	direita
PME	ME	esquerda	24-48 h	esquerda	FE	esquerda	30 min.	esquerda
CD	NP	direita	24-48 h	direita	FD	direita	30 min.	direita
CE	NP	esquerda	24-48 h	esquerda	FE	esquerda	30 min.	esquerda

PMD: grupo prática mental hemiparesia direita, PME: grupo prática mental hemiparesia esquerda; CD: grupo controle hemiparesia direita, CE: grupo controle hemiparesia esquerda; MD: prática mental direita, ME: prática mental esquerda, NP: nenhuma prática; FD: Prática física com a mão direita, FE: prática física com a mão esquerda, PT1: pós-teste 1, PT2: pós-teste 2, R1: retenção 1 e R2: retenção 2.

7.4 Análise

A análise dos movimentos foi tridimensional. Os dados brutos de posição foram inicialmente filtrados com um filtro digital Butterworth de quarta ordem. Os dados foram extraídos automaticamente por meio de rotinas em Matlab, após inspeção visual. As variáveis dependentes foram as seguintes:

Tempo de movimento, intervalo de tempo entre o início e final do movimento de toque no alvo. O critério para início de movimento foi o instante em que foi observada velocidade de 20 mm/s com valores subsequentes crescentes. O critério para o fim do movimento foi o instante em que foi observada velocidade de 20 mm/s com valores subsequentes decrescentes.

Índice de retidão, razão entre a distância da mão ao alvo no início da ação e a distância percorrida pela mão (trajetória total).

Quantidade de unidades de movimento, sendo que cada unidade de movimento foi definida como um pico entre dois vales na curva de velocidade, sendo a diferença entre eles maior do que 1 cm/s.

Deslocamento vertical, dado pelo valor máximo no eixo vertical. Esta variável indica a margem de segurança ao ultrapassar o obstáculo em direção ao alvo.

Erro radial: distância entre o marcador da caneta e o alvo no plano xy no instante final do movimento, dado pela seguinte equação:

$$E_r = \sqrt{(x_c - x_a)^2 + (y_c - y_a)^2}$$

em que x_c e y_c são as coordenadas do marcador da caneta e x_a e y_a são as coordenadas do alvo.

Amplitudes de deslocamento angular de ombro, cotovelo e punho: diferença entre os valores máximo e mínimo dos ângulos articulares do ombro, cotovelo e punho durante o movimento.

Amplitude de deslocamento linear do ombro: calculado pela distância entre os pontos inicial e final do movimento do ombro correspondente ao braço de execução. O início do movimento foi calculado no instante em que a velocidade do marcador da caneta excedia 10 mm/s, com valores subsequentes maiores por no mínimo 100 ms. O final do movimento foi definido como o instante em que a velocidade do marcador da caneta diminua para valores abaixo de 10 mm/s, com valores subsequentes menores por no mínimo 100 ms.

A análise estatística foi feita por meio de análises de variância. Para análise do efeito de prática mental pura e prática mental combinada com prática física foi empregado um modelo de 3 fatores, 2 (hemisfério lesado: direito x esquerdo) x 2 (prática: mental x controle) x 4 (teste: PT1, R1, PT2, R2) com medidas repetidas no terceiro fator. A análise das tentativas durante a prática física foi feita usando-se os valores médios de cinco tentativas. O modelo estatístico foi de 3 fatores, 2 (hemisfério lesado: direito x esquerdo) x 2 (prática: mental x controle) x 20 (bloco) com medidas repetidas no terceiro fator. As comparações posteriores foram feitas com o teste de Newman-Keuls, com nível de significância estabelecido em 5% em todas as análises.

8 Resultados

8.1 Características dos participantes

Na Tabela 2 são apresentados os dados referentes a sexo e idade para os participantes de cada grupo.

Tabela 2 – Dados referentes ao sexo e idade dos grupos experimental e controle.

	n	Sexo		Idade(anos)	
		masculino	feminino	média	DP
CD	8	4	4	13,62	2,06
CE	7	4	3	13,71	1,79
PMD	8	4	4	13,50	1,60
PME	8	4	4	13,37	2,06

GCD: grupo controle hemiparesia direita, GCE: grupo controle hemiparesia esquerda
 PMD: grupo prática mental hemiparesia direita, PME: grupo experimental hemiparesia esquerda; DP: desvio padrão, n: número de sujeitos

8.2 Análise do exame físico

A Tabela 3 mostra os valores de amplitude articular ativa das articulações do ombro, cotovelo, punho e dedos para cada grupo.

Tabela 3 – Médias (desvio padrão entre parênteses) de amplitude articular ativa das articulações do membro superior parético em participantes dos grupos controle e experimental.

	Flexão Ombro	Extensão cotovelo	Extensão punho	Extensão dedos
PME	151,87 (23,59)	2,5 (4,62)	51,87 (22,02)	0 (0)
PMD	148,75 (17,26)	46,25 (76,89)	42,5 (27,12)	11,25 (31,81)
CE	149,28 (15,39)	20,71 (18,35)	27,85 (41,21)	12,85 (34,01)
CD	132,50 (24,92)	28,75 (50,83)	33,12 (28,40)	16,87 (33,48)

CD: grupo controle hemiparesia direita, CE: grupo controle hemiparesia esquerda
 PMD: grupo prática mental hemiparesia direita, PME: grupo prática mental hemiparesia esquerda; DP: desvio padrão, n: número de participantes

8.3 Análise da fase de prática

O desempenho durante o treinamento foi avaliado por meio do tempo de movimento durante a prática física realizada no segundo dia do experimento. Esta análise mostrou efeitos principais significantes dos fatores prática, $F(1,25) = 4,77$, $p = 0,038$, e bloco, $F(4, 100) = 6,30$, $p = 0,001$. O efeito de prática foi devido à prática mental ter induzido valores menores ($M = 0,89$ s, $EP = 0,07$) em comparação aos controles ($M = 1,07$ s, $EP = 0,08$). As comparações post hoc para o efeito de bloco indicaram que os valores observados no bloco 1 ($M = 1,07$ s, $EP = 0,06$) foram superiores àqueles observados nos blocos 3 ($M = 0,98$ s, $EP = 0,06$), 4 ($M = 0,94$ s, $EP = 0,05$) e 5 ($M = 0,94$ s, $EP = 0,06$), bem como os valores do bloco 2 ($M = 1,02$ s, $EP = 0,06$) foram superiores aos valores observados nos blocos 4 ($M = 0,94$ s, $EP = 0,05$) e 5 ($M = 0,94$ s, $EP = 0,06$) (Figura 2).

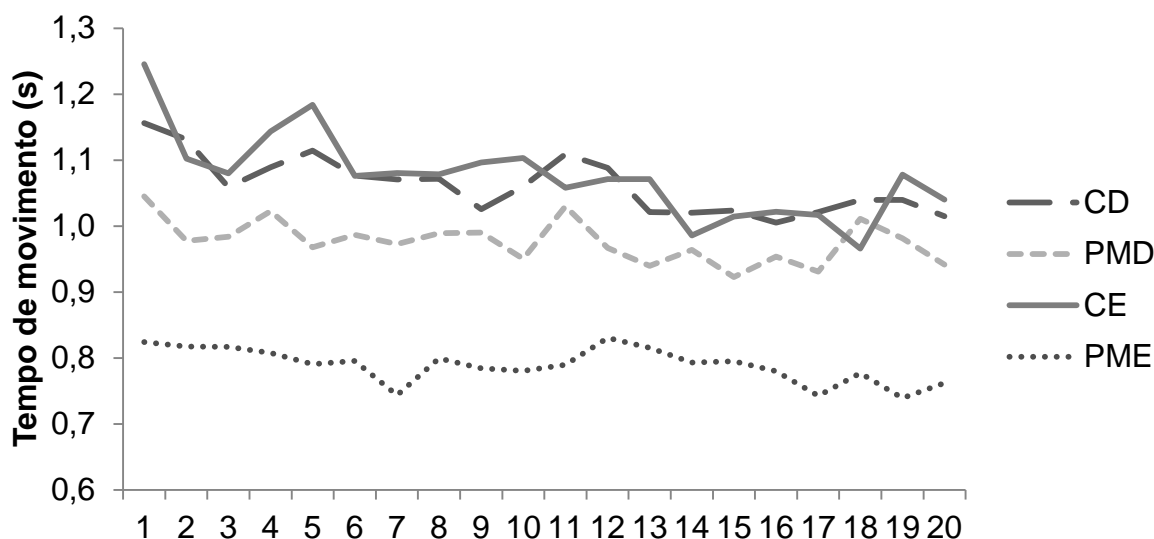


Figura 2 – Dados correspondentes à prática física no segundo dia do estudo. Tempo de movimento (s) para cada bloco de tentativas. Cada bloco corresponde à média de cinco tentativas individuais.

8.4 Análise dos testes

8.4.1 Tempo de movimento

A análise de tempo de movimento mostrou efeitos principais significantes dos fatores prática, $F(1,24)= 5,81$, $p= 0,024$, e teste, $F(3,72)= 6,89$, $p= 0,001$. O efeito de prática foi devido à prática mental ter induzido valores menores ($M= 0,71$ s, $EP= 0,10$) em comparação aos controles ($M= 1,10$ s, $EP= 0,10$). As comparações post hoc para o efeito de teste indicaram que os valores observados no pós-teste 1 ($M= 1,07$ s, $EP= 0,08$) e retenção 1 ($M= 1,04$ s, $EP= 0,07$) foram superiores aos valores observados no pós-teste 2 ($M= 0,90$ s, $EP= 0,04$) e retenção 2 ($M= 0,90$ s, $EP= 0,04$)(Figura 3A).

8.4.2 Índice de retidão

A análise do índice de retidão mostrou efeito principal significativo do fator prática, $F(1,24)= 6,78$, $p= 0,016$. Este efeito foi devido à prática mental ter induzido valores maiores ($M= 0,92$, $EP= 0,01$) em comparação aos controles ($M= 0,88$, $EP= 0,03$)(Figura 3B).

8.4.3 Unidades de movimento

A análise da variável unidades de movimento mostrou efeito principal significativo do fator teste, $F(3, 72) = 3,03$, $p = 0,035$. As comparações post hoc para o este efeito indicaram que os valores observados na retenção 1 ($M = 2,92$, $EP = 0,30$) foram superiores aos valores de pós-teste 2 ($M = 2,42$, $EP = 0,28$) (Figura 3 C).

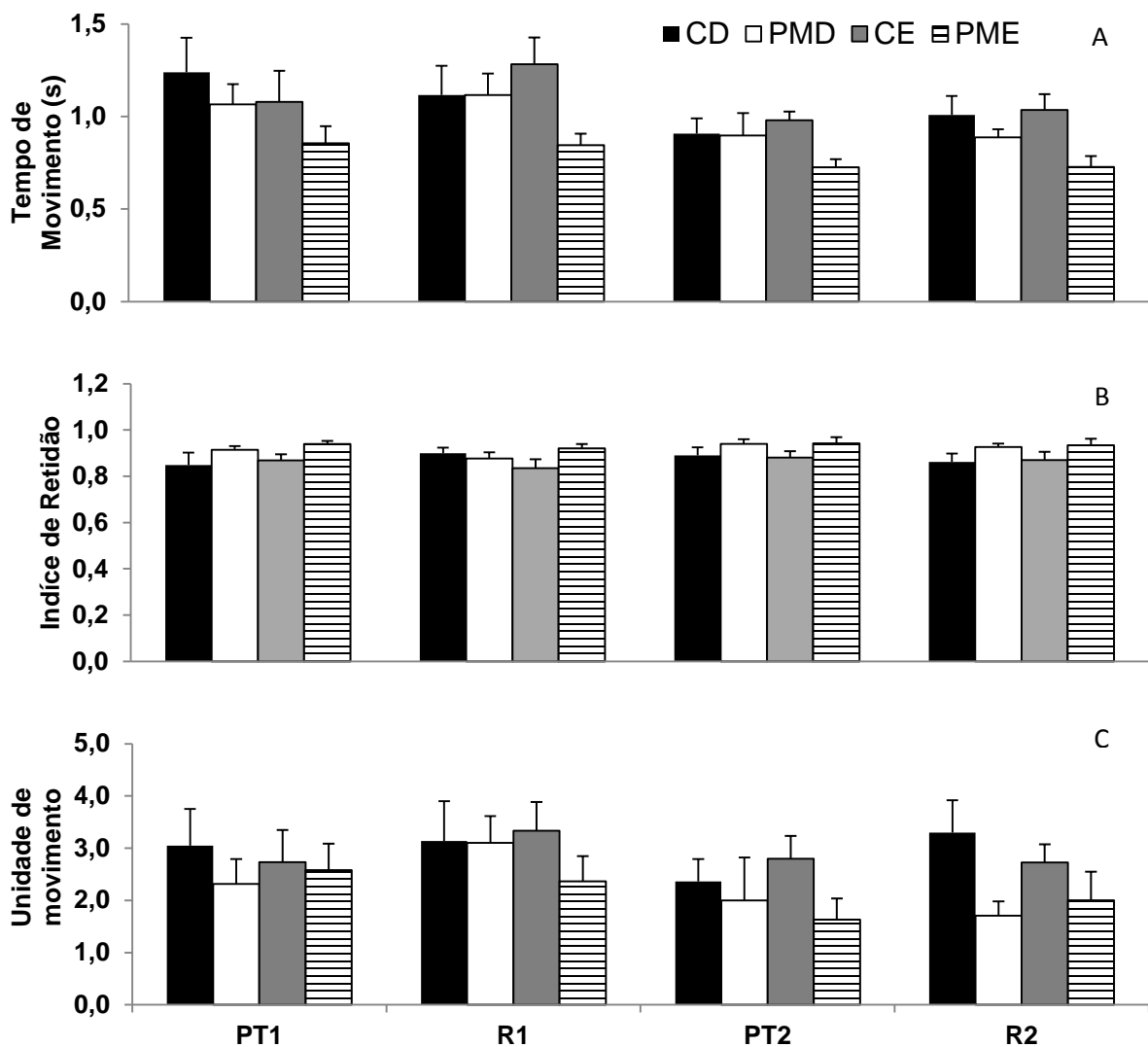


Figura 3 – (A) Tempo de movimento (TM) (s), (B) índice de retidão e (C) frequência absoluta de unidades de movimento para os grupos (PM = prática mental, C = controle, D = hemiparesia direita, E = hemiparesia esquerda) em função dos testes.

8.4.4 Deslocamento vertical

A análise do deslocamento vertical mostrou efeito principal significativo do fator teste, $F(3,72) = 6,42$, $p = 0,001$. As comparações post hoc indicaram que os valores observados em pós-teste 1 ($M = 120,13$ mm, $EP = 7,02$) e retenção 1 ($M = 116,04$ mm, $EP = 6,30$) foram superiores aos valores observados no pós-teste 2 ($M = 101,87$ mm, $EP = 6,72$) e retenção 2 ($M = 99,07$ mm, $EP = 6,68$) (Figura 4A).

8.4.5 Erro espacial

Não foram encontradas diferenças significantes para esta variável. Os valores médios dos grupos por teste são apresentados na Figura 4B.

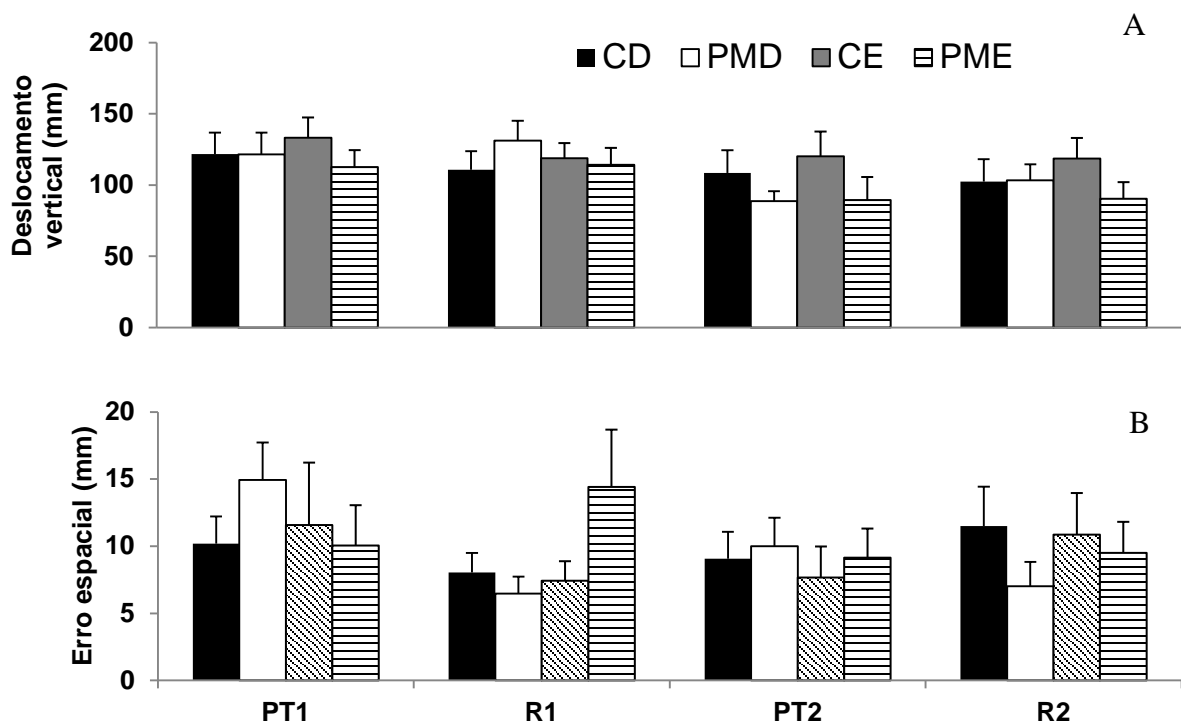


Figura 4 – (A) Deslocamento vertical (mm), (B) erro radial (mm) para os grupos (PM = prática mental, C = controle, D = hemiparesia direita, E = hemiparesia esquerda) em função dos testes.

8.4.6 Movimento linear do ombro

Não houve diferenças significantes para esta variável. Os valores médios dos grupos por teste são apresentados na Figura 5A.

8.4.7 Amplitude de deslocamento angular do ombro

Não houve diferenças significantes para esta variável. Os valores médios dos grupos por teste são apresentados na Figura 5B.

8.4.8 Amplitude de deslocamento angular do cotovelo

A análise de deslocamento angular do cotovelo mostrou efeito principal significante do fator teste, $F(3, 69) = 5,22, p = 0,003$. As comparações post hoc indicaram que os valores observados no pós-teste 1 ($M = 15,64^\circ, EP = 1,12$) foram superiores aos valores observados no pós-teste 2 ($M = 12,72^\circ, EP = 1,04$) e na retenção 2 ($M = 12,27^\circ, EP = 0,99$), bem como os valores da retenção 1 ($M = 14,27^\circ, EP = 1,26$) foram superiores aos valores do pós-teste 2 ($M = 12,72^\circ, EP = 1,04$) (Figura 5C).

8.4.9 Amplitude de deslocamento angular do punho

A análise de deslocamento angular do punho mostrou interação significante entre os fatores prática e teste $F(3, 72) = 7,63, p = 0,001$. As comparações post hoc indicaram que os valores observados nos controles foram inferiores no pós-teste 1 ($M = 8,31^\circ, EP = 1,51$) e retenção 1 ($M = 7,74^\circ, EP = 1,44$) aos valores observados na retenção 2 ($M = 12,57^\circ, EP = 1,50$) (Figura 5D).

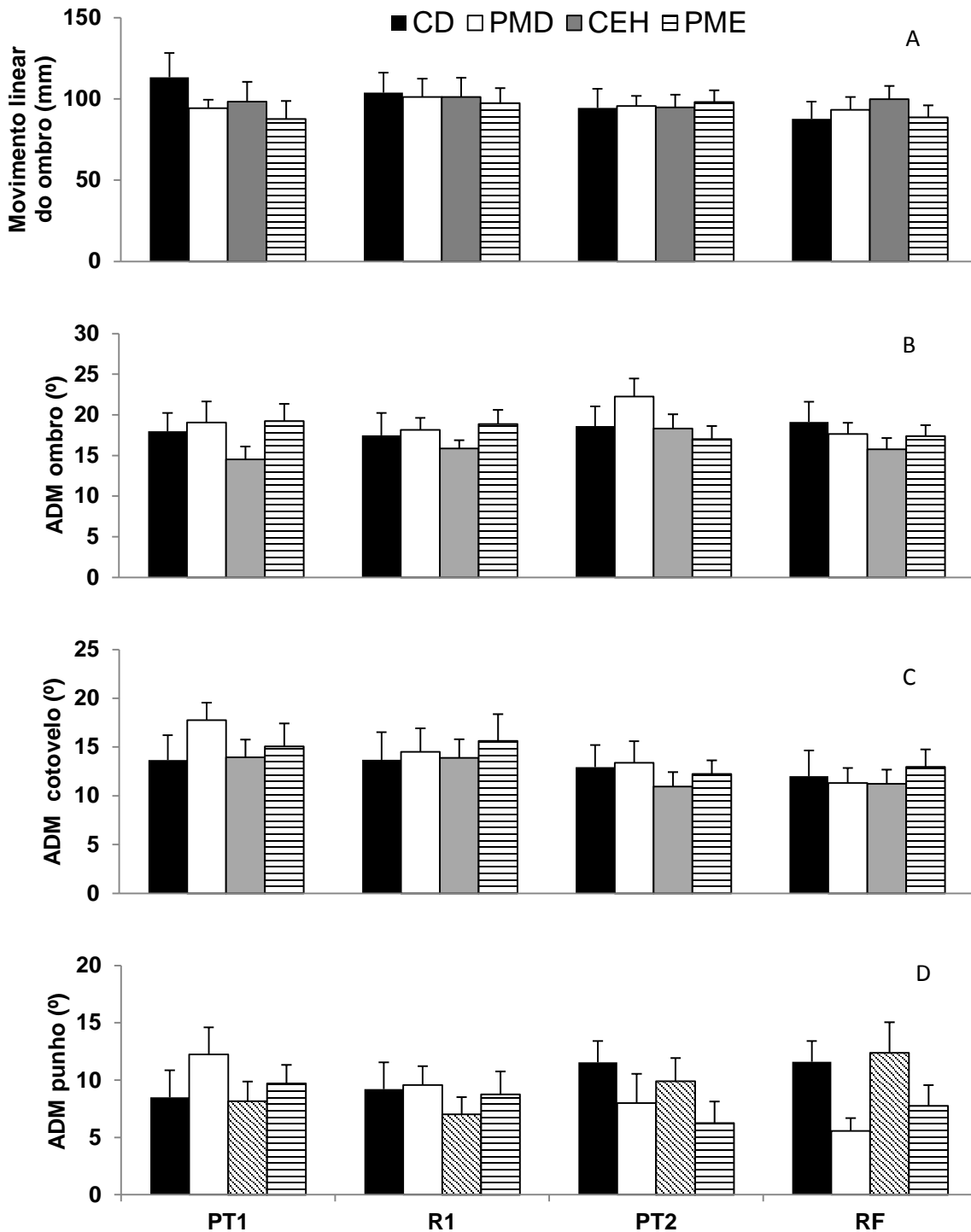


Figura 5 –(A) Deslocamento linear do ombro (mm), (B) amplitude de movimento de ombro (°), (c) amplitude de movimento de cotovelo (°) e (d) amplitude de movimento de punho (°) para os grupos (PM = prática mental, C = controle, D = hemiparesia direita, E = hemiparesia esquerda) em função dos testes.

Em nenhuma das variáveis analisadas foi detectada diferença significativa associada ao fator lado, mostrando que participantes com lesão do hemisfério direito e esquerdo apresentaram o mesmo potencial de melhora com o uso da prática mental.

9 Discussão

O objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos de prática por imagética e sua associação com prática física na aprendizagem em uma tarefa com exigência de velocidade e precisão, comparando adolescentes com hemiparesia direita versus esquerda decorrente de PC. Foi hipotetizado que a prática por imagética pura do braço parético levaria a ganhos maiores na aprendizagem motora para participantes com lesão no hemisfério cerebral direito, ou seja, eram esperadas diferenças na aprendizagem relacionada ao lado cerebral lesionado e que haveria uma superioridade da associação da prática por imagética combinada à prática física para essa mesma população. Em desacordo com a hipótese inicial do estudo, não foram encontradas diferenças no processo de aprendizagem relacionados ao lado cerebral lesionado, nem superioridade da associação da prática mental com a prática física, comparado às práticas isoladas. As análises dos testes mostraram uma superioridade da prática mental em relação a nenhuma prática no tempo de movimento e índice de retidão, mostrando que esse tipo de prática leva a ganhos de aprendizagem em adolescentes com paralisia cerebral. A prática física isolada apresentou superioridade na diminuição do deslocamento vertical da mão e na diminuição da quantidade de unidades de movimentos. A análise do erro radial não indicou melhora em nenhum dos grupos avaliados, ou seja, nem a prática física, nem a prática mental auxiliaram na melhora da precisão do movimento. Os efeitos encontrados são discutidos separadamente para prática mental isolada, prática física isolada, bem como para a associação de ambas os tipos de práticas.

9.1 Análise do movimento do membro superior parético

A análise da amplitude de movimento de flexão de ombro, extensão de cotovelo, extensão de punho e dedos no início do estudo, mostra a grande variabilidade apresentada entre os participantes. A análise da amplitude de movimento articular mostrou que houve diminuição na amplitude de cotovelo ao longo dos testes aplicados, para todos os grupos. Acredita-se que a diminuição da amplitude de movimento da articulação do cotovelo esteja relacionada à

espasticidade. A espasticidade pode ser definida como o aumento, velocidade dependente, do tônus muscular, com exacerbação dos reflexos profundos, decorrente de hiperexcitabilidade do reflexo do estiramento. A espasticidade nos membros superiores predomina nos músculos flexores, com postura em adução e rotação interna do ombro, flexão do cotovelo, pronação do punho e flexão dos dedos. Os membros espásticos demonstram aumento de resistência ao movimento, que é mais acentuado com o aumento da amplitude e da velocidade imposta (TEIVE, ZONTA, & KUMAGAI, 1998). Durante a tarefa experimental foi enfatizada a rapidez de movimento, o que possivelmente tenha gerado aumento da espasticidade, levando a uma limitação do movimento de cotovelo, provocado pelo aumento da resistência ao movimento. Como este dado foi incongruente com a diminuição significativa do tempo de movimento, uma vez que seria esperado um aumento da amplitude de movimento articular, proporcionando um deslocamento mais rápido do membro parético, foi analisado o movimento da amplitude angular de ombro, bem como o deslocamento linear dessa articulação, a fim de verificar se os participantes realizaram uma compensação com movimentos do ombro ou do tronco. No entanto, para a variável deslocamento linear do ombro e amplitude articular do ombro, não foram encontradas diferenças significativas. Assim, acredita-se que a análise da amplitude articular não foi sensível para explicar a diminuição do tempo de movimento.

9.2 Prática mental isolada

A análise do tempo de movimento nos testes aplicados mostrou que a prática mental isolada foi superior em relação a nenhuma prática. O efeito de aprendizagem da prática mental pura foi confirmado pelo teste de retenção. O efeito puro da prática mental fica evidente na análise do tempo de movimento durante a prática física. Todos os grupos apresentaram diminuição do tempo de movimento no decorrer dos blocos de prática, mostrando que houve aprendizagem para esta variável em todos os grupos. No entanto, ambos os grupos de prática mental apresentaram tempo de movimento reduzido no início do primeiro bloco de prática. Esses resultados confirmam uma vantagem do grupo de prática mental em relação ao grupo controle, e corroboram outros estudos que já haviam mostrado a superioridade da prática mental em relação a nenhuma prática em indivíduos normais (HIRD, LANDERS,

THOMAS, & JOHN, 1991; DRISKELL, COPPER, & MORAN, 1994; FELTZ & LANDERS, 1983).

Allami et al. (2008) também encontraram uma diminuição no tempo de movimento após a prática mental em uma tarefa envolvendo velocidade e precisão. A diminuição do tempo de movimento foi verificada quando a prática mental foi comparada a nenhuma prática e os melhores resultados foram observados quando a prática mental foi associada à prática física, sendo que quanto maior a proporção de prática mental melhor foi o desempenho observado. Gentili et al. (2010) também encontraram similaridades qualitativas nas curvas de aprendizagem entre a prática física e a prática mental e melhora na trajetória e velocidade do braço, após o treino por prática mental. Este resultado sugere que tanto a prática mental como a prática física apresentam os mesmos processos plásticos de aprendizagem.

A análise do índice de retidão também mostrou um efeito superior da prática mental em comparação a nenhuma prática. O teste de retenção confirma que houve aprendizagem no grupo prática mental. A prática física isolada não mostrou ganhos para esta variável. O índice de retidão é uma medida relacionada ao controle dinâmico do movimento. Essa vantagem para o grupo prática mental pode estar relacionada à dificuldade de planejamento apresentada por indivíduos com paralisia cerebral. Em estudos anteriores foi demonstrada a relação entre planejamento motor e imagética motora (MUNZERT, LOREY, & ZENTGRAF, 2009; WOLPERT D. M., 1997; STEENBERGEN, CRAJÉ, NILSEN, & GORDON, 2009), sendo que as áreas cerebrais ativadas durante a prática mental são correspondentes às áreas de planejamento motor (BUTLER & PAGE, 2006; HANAKAWA, IMMISCH, TOMA, DIMYAN, van GELDEREN, & HALLETT, 2003). A ação é dirigida por uma representação interna que está relacionada com a intenção e preparação de movimentos (JEANNEROD & DECETY, 1995). A representação interna de um ato motor é conhecida como modelo interno (STEENBERGEN, CRAJÉ, NILSEN, & GORDON, 2009). Modelos internos preveem o resultado de um comando motor, permitindo que os indivíduos selecionem o plano motor mais apropriado para um movimento particular (WOLPERT, 1997). Assim, acredita-se que a prática mental realizada pelos grupos PMD e PME favoreceu a ativação dessas áreas de planejamento, fortalecendo os modelos internos relacionados à tarefa testada, levando há uma melhora no controle do movimento. Segundo Crajé et al. (2010), apesar de o planejamento estar prejudicado em indivíduos com paralisia cerebral, a

capacidade de planejar ações é passível de mudanças e a prática mental é uma técnica promissora na melhora deste componente.

Na reabilitação, são também escassos os estudos comparando a prática mental com nenhuma prática. Ietswaart et al. (2011), em estudo com pacientes com AVE na fase aguda, não encontraram benefícios no processo de aprendizagem através da prática mental. Em crianças com paralisia cerebral, por outro lado, Sartori, Narumia e Teixeira (2010) encontram um desempenho superior no grupo de prática mental comparado ao grupo controle, que não realizou nenhum treinamento, levando a uma diminuição no tempo gasto para subir uma escada. Steenbergen, Ninwegen e Crajé (2007) analisaram respostas da mão afetada e não-afetada em participantes com hemiparesia direita e esquerda em uma tarefa onde eram apresentadas figuras de mãos rodadas e o participante deveria fazer o julgamento da lateralidade. A hipótese foi de que a imaginação do movimento realizado com a mão afetada seria mais lenta, especialmente em ângulos de rotação mais distantes de uma postura confortável. Todos os três grupos mostraram relação linear entre o ângulo de rotação e o tempo de movimento. Essa relação foi mantida para os membros afetado e não-afetado nos grupos de indivíduos com PC, porém não foi encontrada assimetria nas respostas em função da mão usada. Este dado sugere que os participantes com PC conseguem realizar a tarefa de rotação mental, porém com provável predomínio da imaginação visual. Porém, o tipo de tarefa utilizada no estudo citado favorece o uso da imaginação visual, uma vez que pela definição, no imaginário externo ou visual, a pessoa se visualiza do ponto de vista de um observador, como se estivesse assistindo a um filme (DICKSTEIN & DEUTSCH, 2007). No presente estudo, na instrução dada durante a prática mental, foi dada ênfase a imaginação cinestésica, onde o indivíduo é estimulado a se imaginar realizando a ação. Fery (2003) mostrou diferentes ganhos no processo de aprendizagem relacionada ao tipo de prática mental (cinestésica ou visual). A imaginação visual mostrou-se superior na tarefa onde a exigência era a reprodução de um desenho, enquanto a imaginação cinestésica foi superior na variável duração do movimento, bem como em tarefas de coordenação bimanual.

Juntos, os resultados do presente estudo reforçam o benefício da prática mental para indivíduos com paralisia cerebral, mostrando que esta pode ser uma técnica eficaz na melhora de uma habilidade motora. Podemos afirmar que a prática mental pura favorece a melhora no tempo de movimento e no controle dinâmico do

membro superior afetado em uma tarefa envolvendo velocidade e precisão. Com isso sugerimos que a prática mental pura pode auxiliar no processo de reabilitação, uma vez que a lentidão, bem como a dificuldade no controle do movimento, pode desestimular o uso do membro afetado.

9.3 Prática física isolada

A análise mostrou que a prática física levou a uma diminuição do deslocamento vertical da mão. Essa variável, conforme já citado anteriormente, indica a margem de segurança ao ultrapassar o obstáculo em direção ao alvo. Essa vantagem para a prática física deve-se, provavelmente, pela falta de instrução dada ao participante durante a prática mental, favorecendo a imaginação com um deslocamento da caneta mais próximo ao obstáculo, o que levaria a diminuição do deslocamento vertical da caneta. A instrução solicitava ao participante realizar o movimento de forma rápida e precisa, sem resvalar no obstáculo. A superioridade da prática física sobre a prática mental também foi verificada na quantidade de unidades de movimento, sendo que está variável esta relacionada aos ajustes do movimento durante a trajetória, ou seja, o uso de feedback na correção da ação. Foi observada diminuição na quantidade de unidades de movimento apenas no grupo controle, que realizou a prática física da tarefa testada, mostrando que para esse grupo houve uma diminuição no número de correções por feedback, proporcionado pela prática física. Este achado sugere que a ação passou a ser controlada predominantemente por um mecanismo de feedforward, ou seja, por um controle antecipatório. Segundo Teixeira (2006), com prática o indivíduo torna-se relativamente independente de informação de feedback, passando a regular seus movimentos basicamente por meio de programas motores elaborados antes do início da ação.

Os benefícios da prática física na aprendizagem de indivíduos com paralisia cerebral já haviam sido demonstrados em outros estudos. Monteiro et al. (2010) mostraram que crianças com paralisia cerebral apresentam melhora de desempenho após a prática física, equivalente àquela apresentada por indivíduos saudáveis. Allegretti et al. (2007) também mostraram que prática física envolvendo um programa de treino de equilíbrio, com atividades em diferentes superfícies (estáveis e instáveis) e diferentes demandas sensoriais (olhos abertos e fechados) pelo

período de 3 meses, proporcionaram melhora do equilíbrio funcional em crianças com paralisia cerebral espástica com diparesia.

Os dados do presente estudo mostram que indivíduos com paralisia cerebral são capazes de aprender e se beneficiar com diferentes tipos de prática e que para algumas variáveis a prática física mostra-se superior em relação à prática mental.

9.4 Prática mental associada à prática física

A análise da associação da prática mental com prática física mostrou que a vantagem apresentada pelo grupo prática mental na variável tempo de movimento foi mantida após a associação de ambas as práticas, o que diverge da hipótese inicial deste estudo e contradiz resultados de estudos anteriores, onde a associação da prática mental com a prática física levou a uma superioridade nos resultados obtidos. Taktek, ST-John e Zinsser (2008) haviam mostrado uma superioridade da associação da prática mental com a prática física sobre a prática física isolada em indivíduos saudáveis. Na reabilitação muitos estudos em pacientes com AVE mostraram os benefícios da prática mental, através da associação desta com outros tratamentos que envolvem a prática física (PAGE, LEVINE, SISTO, & JOHNSTON, 2001; ZIMMERMANN-SCHLATTER, SCHUSTER, PUHAN, SIEKIERKA, & STEURER, 2008; BARCLAY-GODDARD, STEVENSON, POLUHA, & THALMAN, 2011).

O índice de retidão manteve a vantagem apresentada pela prática mental pura. Foi visto que a prática física não apresentou efeitos para essa variável. Não foram encontrados estudos mostrando melhora do índice de retidão em indivíduos com disfunção neural durante a prática física de uma tarefa. No entanto, a partir dos resultados aqui apresentados fica aparente que em indivíduos com paralisia cerebral a prática mental se mostra superior na melhora do controle dinâmico do movimento, por estimular áreas relacionadas ao planejamento motor. Essas áreas podem estar comprometidas nesses indivíduos (CRAJE, AARTS, SANDEN & STEENBERGEN, 2010; MUTSSARTS, STEENBERGEN, & BEKKERING, 2005) e, durante o processo de reabilitação, onde a prática física é estimulada, o foco é dado à execução do movimento e não ao planejamento motor.

9.5 Assimetrias inter-hemisféricas

Um dos achados mais importantes deste estudo foi que não houve diferença significativa associada ao lado da lesão em nenhuma das variáveis analisadas, mostrando que participantes com lesão do hemisfério direito e esquerdo apresentam o mesmo potencial de melhora com o uso da prática mental. Esses resultados divergem dos estudos realizados anteriormente em indivíduos com paralisia cerebral e contradizem a hipótese inicial desse estudo. Mutssarts, Steenbergen e Bekkering (2007) encontraram que indivíduos com paralisia cerebral espástica com hemiparesia direita apresentavam um prejuízo na imagética motora em uma tarefa de rotação mental, em que os participantes eram solicitados a fazer um julgamento sobre a lateralidade das figuras das mãos rodadas em diferentes graus.

Alguns estudos também mostraram diferenças no processo de aprendizagem relacionados ao lado cerebral lesionado, em indivíduos com AVE. Estes propõem que o hemisfério cerebral direito apresenta dominância no processamento de informações visuoespaciais durante o curso do movimento e na correção da posição final da mão e o hemisfério esquerdo estaria envolvido no planejamento de movimentos balísticos controlados em circuito aberto, os quais dependem menos das informações sensoriais no controle dos movimentos da mão durante sua realização (WINSTEIN & POHL, 1995; HAALAND K. P., 2004). Isso está de acordo com o modelo de dominância dinâmica, que propõe diferenças no desempenho entre o membro superior direito (dominante) e esquerdo (não-dominante) em pessoas destros e sadias. Baseado nesse modelo, o hemisfério esquerdo (dominante) seria especializado no controle da trajetória enquanto o hemisfério direito (não-dominante) no controle da posição final da mão ao alvo (SAINBURG & KALAKANIS, 2000). Silva (2012) comparou o desempenho do movimento de alcance de indivíduos sadios e indivíduos que sofreram AVE unilateral em hemisfério direito ou esquerdo, em função da complexidade da tarefa, da direção do alvo e do lado da lesão encefálica. Indivíduos com AVE usando o membro ipsilateral e indivíduos sadios destros, usando os membros superiores direito e esquerdo executaram movimentos direcionados a alvos com uma ponteira em duas condições: direção do movimento (ipsilateral ou contralateral ao membro que se movia) e complexidade da tarefa (movimento discreto com um segmento e movimentos

sequenciais com dois ou quatro segmentos). Os resultados mostraram que o tempo de reação foi maior para as tarefas de maior complexidade independente de os participantes terem sofrido ou não lesão encefálica. Foi verificado que indivíduos que sofreram AVE apresentaram movimentos menos suaves do que os indivíduos saudáveis, sugerindo uma incapacidade desses indivíduos para planejar e corrigir eficientemente os movimentos. A complexidade da tarefa também influenciou a precisão dos movimentos dependendo do lado da lesão encefálica. O grupo AVE com lesão do hemisfério direito apresentou maior tempo de reação e erro variável comparado ao grupo de indivíduos saudáveis. Foi sugerido que essa redução na precisão dos movimentos poderia ser devida à dificuldade dos indivíduos pós-AVE com lesão no hemisfério direito em realizar as correções finais da trajetória da mão levando em conta a localização espacial do alvo. O grupo AVE com lesão do hemisfério esquerdo necessitou um tempo maior para completar as tarefas.

Com base na especialização hemisférica era esperado que indivíduos com paralisia cerebral com lesão unilateral também apresentassem diferentes comprometimentos durante os movimentos na tarefa testada, porém isso não foi encontrado nesse estudo, o que é consistente com o estudo de Willians et al (2011), que comparando crianças com PC com hemiparesia direita ou esquerda, sugeriram que as diferenças encontradas nas repostas de uma tarefa de rotação mental entre participantes com lesão do hemisfério direito e esquerdo poderiam estar relacionadas mais com o nível de funcionalidade desses indivíduos do que a diferenças inter-hemisféricas. No presente estudo também foi encontrada uma variabilidade relacionada ao nível de funcionalidade, verificada através da análise do exame físico e na tarefa que antecedeu o estudo, sendo que um dos participantes necessitou auxílio na preensão da manopla, porém essa variação na funcionalidade do membro superior parético não induziu diferenças no processo de aprendizagem.

Sendo assim sugerimos que indivíduos com paralisia cerebral se beneficiam da prática mental e que o lado da lesão não interfere no processo de aprendizagem desses indivíduos.

10 Conclusão

Os resultados do presente estudo mostram que a prática mental levou a ganhos na aprendizagem em adolescentes com paralisia cerebral espástica com hemiparesia direita ou esquerda, em uma tarefa envolvendo velocidade e precisão. Além disso, foi observado não haver diferenças de aprendizagem em função do hemisfério cerebral lesionado. O benefício com o uso da prática mental foi verificado principalmente na diminuição do tempo de movimento na tarefa testada e na melhora do controle da trajetória do movimento, verificado pelo índice de retidão. A associação da prática mental com a prática física manteve os ganhos obtidos com a prática mental. A prática mental foi responsável pelo aumento do índice de retidão, o que favoreceu melhor controle da dinâmica do movimento no grupo de prática mental. A prática física foi superior na diminuição do deslocamento vertical da mão e na diminuição no número de correções por feedback durante a trajetória do movimento. Isso mostra que os benefícios de cada tipo de prática (física ou mental) estão relacionados a melhoras de parâmetros específicos do comportamento motor. Estes resultados sugerem que prática mental constitui um potencial recurso terapêutico, que pode induzir ganhos de desempenho de forma mais efetiva em determinados parâmetros de controle motor do que a prática física no processo de reabilitação de pacientes com paralisia cerebral.

11 Limitações

Uma limitação do delineamento experimental empregado refere-se às quantidades distintas de prática entre os grupos experimentais e controles. Como os grupos controle realizaram a mesma quantidade de prática física do que os grupos experimentais e não tiveram prática mental, as comparações do efeito de prática mental-física combinada foram feitas contra grupos controle com metade da quantidade total de prática na tarefa experimental. Outra limitação refere-se ao fato de não serem conhecidas as áreas cerebrais afetadas pela paralisia cerebral. Por este motivo, as comparações dos efeitos de lado da lesão poderiam ser afetadas por haver possivelmente áreas cerebrais lesionadas distintas em cada hemisfério cerebral.

12 Referências Bibliográficas

ADALBJORNSSON, C. F., FISCHMAN, M. G., & RUDISILLI, M. E. (2008). The end-state comfort effect in young children. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, 79, 36-41.

ALLAMI, N., PAULIGNAN, Y., BROVELLI, A., & BOUSSAOUD, D. (2008). Visuo-motor learning with combination of different rates of motor imagery and physical practice. **Experimental Brain Research**, 1, 105-113.

AMEMIYA, K., ISHIZU, T., AYABE, T., & KOJIMA, S. (2010). Effects of motor imagery on intermanual transfer: A near-infrared spectroscopy and behavioural study. **Brain Research**, 93-103.

AMUNTS, K., SCHLAUG, G., SCHLEICHER, A., STEINMETZ, H., A., D., ROLAND, P., et al. (1996). Asymmetry in the human motor cortex and handedness. **Neuroimage**, 4, 216- 222.

ARENT, S. M. (2000). Procedural variables: Ordering of mental and physical practice and amount of time to engage in mental practice. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, 22, S8-S8.

BARCLAY-GODDARD, R., STEVENSON, T., POLUHA, W., & THALMAN, L. (2011). Mental practice for treating upper extremity deficits in individuals with hemiparesis after stroke. **Stroke**, 42, 574-575.

BARELA, A., & ALMEIDA, G. (2006). Controle de movimentos voluntários no membro superior não plégico de portadores de hemiplegia espástica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, 10 (3), 325-332.

BECKUNG, E., & HAGBERG, G. (2002). Impairment, activity, and participation in CP. **Developmental Medicine & Child Neurology**, 44, 309-316.

BLAIR, E., & STANLEY, F. (1997). Issues in the classification and epidemiology of CP. **Mental retardation Developmental Disabilities Research Reviews**, 3, 184-193.

BLAKEMORE, S., & SIRIGU, A. (2003). Action prediction in the cerebellum and in the parietal lobe. **Experimental Brain Research**, 153, 239-245.

BRAUN, S. M., BEURSKENS, A. J., BORM, P. J., SCHACK, T., & WADE, D. T. (2006). The effects of mental practice in stroke rehabilitation: A systematic review. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, 87(6), 842-852.

BROUZIYNE, M., & MOLINARO, C. (2005). Mental imagery combined with physical practice of approach shots for golf beginners. **Perceptual and Motor Skills**, 101(1), 203-211.

BUTLER, A. J., & PAGE, S. J. (2006). Mental practice with motor imagery: evidence for motor recovery and cortical reorganization after stroke. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, 87, 2-11.

CAEYENBERGHS, K., WILSON, P., ROON, D., WINNEN, S., & SMITS-ENGELSMAN, C. (2009). Increasing convergence between imagined and executed movement across development: Evidence for the emergence of movement representations. **Developmental Science**, 12, 474-483.

CHANG, J. J., WU, T. I., WU, W. L., & SU, F. C. (2005). Kinematical measure for spastic reaching in children with cerebral palsy. **Clinical Biomechanics**, 20, 381-388.

CHOUDHURY, S., CHARMAN, T., BIRD, V., & BLAKEMORE, S. J. (2007a). Adolescent development of motor imagery in a visually guided pointing task. **Consciousness and Cognition**, 16(4), 886-896.

CHOUDHURY, S., CHARMAN, T., BIRD, V., & BLAKEMORE, S. J. (2007b). development of action representation during adolescence. **Neuropsychologia**, 45(2), 255-262.

CRAJE, C., AARTS, P., SANDEN, M. N., & STEENBERGEN, B. (2010). Action planning in typically and atypically developing children (unilateral cerebral palsy). **Research in Developmental Disabilities**, 31, 1039-1046.

CRAJÉ, C., ELK, M., BEEREN, M., & van SCHIE, H. (2010). Compromised motor planning and Motor Imagery in right Hemiparetic Cerebral Palsy. **Research in Developmental Disabilities**, 31, 1313-1322.

DANKERT, J., FERBER, S., DOHERTY, T., STEINMETZ, H., NICOLLE, D., & GOODALE, M. (2002). Selective, non-lateralized impairment of motor imagery following right parietal damage. **Neurocase**, 8, 194-204.

DECETY, J. (1996). Do imagined and executed actions share the same neural substrate? **Cognitive Brain Research**, 3, 87-93.

DeCETY, J., & BOISSON, D. (1990). Effect of brain and spinal cord injuries on motor imagery. **European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience**, 240, 39-43.

DECETY, J., & MICHEL, F. (1989). Comparative analysis of actual and mental movement times in two graphic tasks. **Brain**, 11, 87-97.

DECETY, J., JEANNEOROD, M., GERMAIN, M., & PASTENE, J. (1991). Vegetative response during imagined movement is proportional. **Behavioural Brain Research**, 42, 1-5.

DECHENT, P., MERBOLDT, K. D., & FRAHM, J. (2004). Is the human primary motor cortex involved in motor imagery? **Cognitive Brain Research**, 19, 138-144.

DICKSTEIN, R., & DEUTSCH, J. (2007). Motor Imagery in Physical Therapist Practice. **Physical Therapy**, 87, 942 - 953.

DICKSTEIN, R., DUNSKY, A., & MARCOVITZ, E. (2004). Motor Imagery for gait rehabilitation in post-stroke hemiparesis. **Physical Therapy**, 84, 1167-1177.

DRISKELL, J., COPPER, C., & MORAN, A. (1994). Does mental practice enhance performance? **Journal of Applied Psychology**, 79(4), 481-492.

FADIGA, L., BUCCINO, G., GRAIGHERO, L., FOGASSO, L., GALLESE, V., & PAVESI, G. (1999). Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study. **Neuropsychologia**, 37, 147-158.

FADIGA, L., FOGASSI, L., PAVESI, G., & RIZZOLATTI, G. (1995). Motor facilitation during action observation. A magnetic stimulation study. **Journal of Neurophysiology**, 73, 2608-2611.

FELTZ, D., & LANDERS, D. (1983). The effects of mental practice on motor skill learning and performance: A meta-analysis. **Journal of Sport Psychology**, 5, 25-57.

FÉRY, Y.-A. (2003). Differentiating Visual and Kinesthetic Imagery in Mental Practice. **Canadian Journal of Experimental Psychology**, 57, 1-10.

GAGGIOLI, A., MORGANTI, F., WALKER, R., MENEGHINI, A., ALCANIZ, M., LOZANO, J. A. et al. (2004). Training with computer-supported motor imagery in post-stroke rehabilitation. **Cyberpsychology and Behavior**, 7(3), 327-332.

GELMERS, H. J. (1981). Cortical organization of voluntary motor-activity as revealed by measurement of regional cerebral blood-flow. **Journal of the Neurological Sciences**, 52(2-3), 149-161.

GENTILI, R., HAN, C., SCHWEIGHOFER, N., & PAPAXANTHIS, C. (2010). Motor learning without doing: Trial-by-trial improvement in motor performance during mental training. **Journal Neurophysiology**, 104, 774-783.

GENTILI, R., PAPAXANTIS, C., & POZZO, T. (2006). Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice. **Neuroscience**, 137, 761-772.

HAALAND, K. Y., & HARRINGTON, D. L. (1994). Limb-sequencing deficits after left but not right hemisphere damage. **Brain and Cognition**, 24, 104-122.

HAGBERG, B. (2005). Nosology and classification of cerebral Palsy. **Giornale di Neuropsichiatria del éta Evolutiva**, 4, 12-17.

HANAKAWA, T., IMMISCH, I., TOMA, K., DIMYAN, M., van GELDEREN, P., & HALLETT, M. (2003). Functional properties of brain areas associated with motor execution and imagery. **Journal of Neurophysiology**, 89, 989-1002.

HIRD, J., LANDERS, D., THOMAS, J., & JOHN, J. (1991). Physical practice is superior to mental practice in enhancing cognitive and motor task performance. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, 8, 281-293.

HLUSTIK, P., SOLODKIN, A., GULLAPALI, R., NOLLI, D., & SMALL, S. (2002). Functional Lateralization of the human premotor cortex during sequential movements. **Brain and Cognition**, 49, 54-62.

IETSWAART, M., JOHNSTON, M. D., JOICE, S., SCOTT, C., MACWALTER, R., & HAMILTON, S. (2011). Mental practice with motor imagery in stroke recovery: Randomized controlled trial of efficacy. **Brain**, 134, 1373-1386.

JACKSON, P. L., DOYON, J., RICHARDS, C. L., & MALOUIN, F. (2004). The efficacy of combined physical and mental practice in the learning of a foot-sequence task after stroke: A case report. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, 18, 106-111.

JACKSON, P. L., LAFLEUR, M. F., MALOUIN, F., & RICHARDS, C. D. (2001). Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, 82, 1133-1141.

JEANNEROD, M., & DECETY, J. (1995). Mental motor imagery: a window into the representational stages of action. **Current Opinion in Neurobiology**, 5, 727-732.

KUHTZ-BUSCHBECK, J., MAHNKOPF, C., HOLZKNECHT, C., SIEBNER, H., ULMER, S., & JANSEN, O. (2003). Effector-independent representations of simple and complex imagined finger movements: A combined fMRI and TMS study. **European Journal of Neuroscience**, 18, 3375-3387.

LEONARDO, M., FIELDMAN, J., SADATO, N., CAMPBELL, G., IBANEZ, V., COHEN, L. et al. (1995). A functional magnetic resonance imaging study of cortical regions associated with motor task execution and motor ideation in humans. **Human Brain Mapping**, 3(2), 83-92.

LI, S., KAMPER, D., STEVENS, J., & RYMER, W. (2004). The effect of motor imagery on spinal segmental excitability. **The Journal of Neuroscience**, 24(43), 9674-9680.

LIU, K. P. (2009). Use of mental imagery to improve task generalisation after a stroke. **Hong Kong Medical Journal**, 15, 37-41.

LIU, K. P., CHAN, C. C., WONG, R. S., KWAN, I. W., YAU, C. S., & LI, L. S. (2009). A randomized controlled trial of mental imagery augment generalization of learning in acute poststroke patients. **Stroke**, 40, 2222-2225.

LOTZE, M., MONTROYA, P., ERB, M., HULSMANN, E., FLOR, H., KLOSE, U., et al. (1999). Activation of Cortical and Cerebellar Motor Areas during Executed and Imagined Hand Movements: An fMRI study. **Journal of Cognitive Neuroscience**, 11 (5), 491-501.

MOLINA, M., TIJUS, C., & JOUEN, F. (2008). The emergence of motor imagery in children. **Journal of Experimental Child Psychology**, 99, 196-209.

MONTEIRO, C. B., JAKABI, M., PALMA, G., TORRIANI-PASIN, C., & JUNIOR, C. (2010). Aprendizagem motora em crianças com PC. **Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano**, 20 (2), 250-262.

MORRIS, C. (2007). Definition and classification of cerebral palsy: A historical perspective. **Developmental Medicine & Child Neurology**, 49, 3-7.

MULDER, T., ZIJLSTRA, S., ZIJLSTRA, W., & HOCHSTENBACH, J. (2004). The role of motor imagery in learning a totally novel movement. **Experimental Brain Research**, 154, 211-217.

MUNZERT, J., LOREY, B., & ZENTGRAF, K. (2009). Cognitive motor processes: The role of motor imagery in the study of motor representations. **Brain Research Reviews**, 60, 306-326.

MUTSSARTS, M., STEENBERGEN, B., & BEKKERING, H. (2005). Anticipatory planning of movement sequences in hemiparetic cerebral palsy. **Motor Control**, 9, 439-458.

MUTSSARTS, M., STEENBERGEN, B., & BEKKERING, H. (2007). Impaired motor imagery in right hemiparetic cerebral palsy. **Neuropsychologia**, 45, 853-859.

NELSON, K., & ELLENBERG, J. (1978). Epidemiology of cerebral palsy. **Advances in Neurology**, 19, 421-435.

PAGE, S., LEVINE, P., SISTO, A., & JOHNSTON, M. (2001). Mental practice combined with physical practice for upper-limb motor deficit in subacute stroke. **Physical Therapy**, 81, 1455-1462.

PALISANO, R., ROSENBAUM, P., WALTER, S., RUSSEL, D., WOOD, E., & GALUPPI, B. (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. **Developmental Medicine & Children Neurology**, 39, 214-223.

RANGANATHAN, V. K., SIEMIONOW, V., LIU, J. Z., SAHGAL, V., & YUE, G. H. (2004). From mental power to muscle power--gaining strength by using the mind. **Neuropsychologia**, 42(7), 944-956.

RAO, S. M., BINDER, J. R., BANDETTINI, P. A., HAMMEKE, T. A., YETKIN, F. Z., JESMANOWICS, A. et al. (1993). Functional magnetic resonance imaging of complex human movements. **Neurology**, 43(11), 2311-2318.

RODRIGUEZ, M., LLANOS, C., & GONZALES, S. (2008). How Similar Are Motor Imagery and Movement? **Behavioral Neuroscience**, 122, 910-16.

ROLAND, P. (1984). Metabolic measurements of the working frontal cortex in man. **Trends in Neurosciences**, 7 (11), 430-435.

ROSEMBAUM, P. (2007). A report: The definition and classification of cerebral palsy April 2006. **Developmental Medicine & Child Neurology**, 8-14.

SANES, J. N. (1994). Neurophysiology of preparation, movement, and imagery. **Behavioral and Brain Sciences**, 17(2), 221-223.

SARTORI, A., NARUMIA, L. C., & TEIXEIRA, L. A. (2010). Facilitação do planejamento e da aprendizagem por meio da prática mental na PC. **Neurociências**, 18, 150-155.

SCHLUTER, N., KRAMS, M., RUSHWORTH, M., & PASSINGHAM, R. (2001). Cerebral dominance for action in the human brain: The selection of actions. **Neuropsychologia**, 39, 105-113.

SHIMA, K., & TANJI, J. (1998). Both supplementary and presupplementary motor areas are crucial for the temporal organization of multiple movements. **Journal of Neurophysiology**, 80, 3247-3260.

SIRIGU, A., & DUHAMEL, L. (2001). Motor and visual imagery as two complementary but neurally dissociable mental processes. **Journal of Cognitive Neuroscience**, 13, 910-919.

SIRIGU, A., DUHAMEL, J. R., COHEN, L., PILLON, B., & AGID, Y. (1996). The mental representation of hand movements after parietal cortex damage. **Science**, 273, 1564-1568.

SMYTH, M. M., & MASON, U. C. (1997). Planning and execution of action in children with and without developmental coordination disorder. **Journal of Child Psychiatry**, 38, 1023-1037.

STEENBERGEN, B. G. (2006). Activity limitation in hemiplegic cerebral palsy: Evidence for disorders in motor planning. **Developmental Medicine and Child Neurology**, 48, 780-783.

STEENBERGEN, B., CRAJÉ, C., NILSEN, D., & GORDON, A. (2009). Motor Imagery training in hemiplegic cerebral palsy: A potentially useful therapeutic tool for rehabilitation. **Developmental Medicine & Child Neurology**, *51*, 690-696.

STEENBERGEN, B., MEULENBROEK, R. G., & ROSENBAUM, D. A. (2004). Constraints on grip selection in hemiparetic cerebral palsy: Effects of lesional side, end-point accuracy, and context. **Cognitive Brain Research**, *19*, 145-159.

STEENBERGEN, B., van NIMWEGEN, M., & CRAJÉ, C. (2007). Solving a mental rotation task in congenital hemiparesis: Motor imagery versus visual imagery. **Neuropsychologia**, *45*, 3324-3328.

STEPHAN, K. M., FINK, G. R., PASSINGHAM, R. E., SILBERSWEIG, D., Ceballosbaumann, A. O., Frith, C. D. et al. (1995). Functional-anatomy of the mental representation of upper extremity movements in healthy-subjects. **Journal of Neurophysiology**, *73*(1), 373-386.

STEVENS, J., & STOYKOV, M. (2003). Using Motor Imagery in the Rehabilitation of Hemiparesis. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, *84*(7), 1090-1092.

TAKTEK, K., St-JOHN, B., & ZINSSER, N. (2008). Visual versus kinesthetic mental imagery: Efficacy for the retention and transfer of a closed motor skill in young children. **Canadian Journal of Experimental Psychology**, *62*, 174-187.

TYSZKA, J. M., GRAFTON, S. T., CHEW, W., WOODS, R. P., & COLLETI, P. M. (1994). Parceling of mesial frontal motor areas during ideation and movement using functional magnetic resonance imaging at 1.5 tesla. **Annals of Neurology**, *35*, 746-749.

van ELK, M., CRAJE, C., BEEREN, M. E., STEENBERGEN, B., van SCHIE, H. T., & BEKKERING, H. (2010). Neural evidence for compromised motor imagery in right hemiparetic cerebral palsy. **Frontiers in Neurology**, *1*, 1-7.

WILLIAMS, J., ANDERSON, V., REDDIHOUGH, D., REID, S., VIJAYAKUMAR, N., & WILSON, P. (2011). A comparison of motor imagery performance in children with spastic hemiplegia and developmental coordination disorder. **Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology**, *33*(3), 273-82.

WILLIAMS, J., REID, S., REDDIHOUGH, D., & ANDERSON, V. (2011). Motor imagery ability in children with congenital hemiplegia: Effect of lesion side and functional level. **Research in Developmental Disabilities**, 32, 740-748.

WINTER, S., AUTRY, A., & BOYLE, C. Y.-A. (2002). Trends in the prevalence of cerebral palsy in a population based study. **Pediatrics**, 110, 1220-1225.

WOHLSCHLAGER, A. (2001). Mental object rotation and planning of hand movements. **Perception & Psychophysics**, 63, 709-718.

WOLBERS, T., WEILLER, C., & BUCHEL, C. (2003). Imagined body parts in the superior parietal lobe. **Cerebral Cortex**, 13, 392–399.

WOLPERT, D. M. (1997). Computational approaches to motor control. **Trends in Cognitive Sciences**, 1, 209-216.

WOLPERT, D. M. (2001). Motor prediction. **Current Biology**, 11, 729-732.

WYKE, M. (1971). The effects of brain lesions on the performance of bilateral arm movements. **Neuropsychologia**, 9, 33-42.

WU, A. J., RADEL, J., & HANNA-PLADDY, B. (2011). Improved function after combined physical and mental practice after stroke: A case of hemiparesis and apraxia. **American Journal of Occupational Therapy**, 65(2), 161-168.

YAGUEZ, L., NAGEL, D., HOFFMAN, H., CANAVAN, A. G., WIST, E., & HOMBERG, V. (1998). A mental route to motor learning: improving trajectorial kinematics through imagery training. **Behavioral Brain Research**, 90(1), 95-106.

YUE, G., & COLE, K. J. (1992). Strength increases from the motor program: Comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. **Journal of Neurophysiology**, 67(5), 1114-23.

ZACKS, J. (2008). Neuroimaging studies of mental rotation: A meta-analysis and review. **Journal of Cognitive Neuroscience**, 20, 1-19.

ZIMMERMANN-SCHLATTER, A., SCHUSTER, C., PUHAN, M. A., SIEKIERKA, E., & STEURER, J. (2008). Efficacy of motor imagery in post-stroke rehabilitation: A systematic review. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, 5, 1-10.

Anexos

Anexo A – termo de consentimento livre e esclarecido grupo controle

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. DADOS DO INDIVÍDUO

Nome completo _____

Sexo Masculino
 Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

2. RESPONSÁVEL LEGAL

Nome completo _____

Natureza (grau de parentesco, tutor, curador, etc.) _____

Sexo Masculino
 Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

CEP _____

Fone _____

e-mail _____

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. Título do Projeto de Pesquisa

Efeito da prática imagética sobre o controle de ações manuais direcionadas a alvos espaciais em adolescentes com paralisia cerebral.

2. Pesquisador Responsável

Luis Augusto Teixeira

3. Cargo/Função

Professor Associado da Universidade de São Paulo, Coordenador do Laboratório Sistemas Motores Humanos

4. Avaliação do risco da pesquisa:

RISCO MÍNIMO RISCO BAIXO RISCO MÉDIO RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

5. Duração da Pesquisa

Dois dias por aproximadamente duas horas/dia

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, DE FORMA CLARA E SIMPLES, CONSIGNANDO:

1. Justificativa e os objetivos da pesquisa;

O objetivo do estudo é verificar se a prática mental (simulação mental de uma determinada ação) leva à melhora da aprendizagem em uma tarefa, em adolescentes com paralisia cerebral.

2. Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais;

O experimento será realizado no laboratório de Sistemas Motores Humanos, localizado na Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo. No primeiro dia o participante ficará sentado e participará de atividades envolvendo jogos eletrônicos com computador. Em seguida, para fins de avaliação, realizará uma tarefa de toque em um alvo com a mão parética. Nesse momento, serão colocados marcadores reflexivos na mão, braço, ombro e tronco do participante, para realizar análise com câmeras. O participante permanecerá em média duas horas no laboratório. No segundo dia o paciente realizará a prática física da tarefa de toque em um alvo com a mão parética e após será novamente realizada a mesma avaliação do primeiro dia. O tempo de permanência no laboratório no segundo dia será de duas horas aproximadamente.

3. Desconfortos e riscos esperados;

Os experimentos realizados nesta pesquisa não oferecerem desconforto ou risco ao participante.

4. Benefícios que poderão ser obtidos;

Com esta pesquisa será possível verificar melhora na tarefa testada e com isso sugerir que a prática mental pode ser uma ferramenta terapêutica eficaz para melhorar a aprendizagem de habilidades motoras.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

1. acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas;

2. liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência;

3. salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade; e

4. disponibilidade de assistência no HU ou HCFMUSP, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa.

V - INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Audrey Sartori Cabral – cel. (11) 98542-6893

Luis Augusto Teixeira - tel. (11) 3091-2129

Avenida Prof. Mello de Moraes, 65- Cidade Universitária- CEP: 05508-030

VI. - OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, ____/____/____

assinatura do sujeito da pesquisa
ou responsável legal

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)

Anexo B - termo de consentimento livre e esclarecido grupo experimental

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. DADOS DO INDIVÍDUO

Nome completo _____

Sexo Masculino
 Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

2. RESPONSÁVEL LEGAL

Nome completo _____

Natureza (grau de parentesco, tutor, curador, etc.) _____

Sexo Masculino
 Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

CEP _____

Fone _____

e-mail _____

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

2. Título do Projeto de Pesquisa

Efeito da prática imagética sobre o controle de ações manuais direcionadas a alvos espaciais em adolescentes com paralisia cerebral.

2. Pesquisador Responsável

Luis Augusto Teixeira

3. Cargo/Função

Professor Associado da Universidade de São Paulo, Coordenador do Laboratório Sistemas Motores Humanos

4. Avaliação do risco da pesquisa:

RISCO MÍNIMO RISCO BAIXO RISCO MÉDIO RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

5. Duração da Pesquisa

Dois dias por aproximadamente duas horas/dia

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, DE FORMA CLARA E SIMPLES, CONSIGNANDO:

3. Justificativa e os objetivos da pesquisa;

O objetivo do estudo é verificar se a prática mental (simulação mental de uma determinada ação) leva à melhora da aprendizagem em uma tarefa, em adolescentes com paralisia cerebral.

4. Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais;

O experimento será realizado no laboratório de Sistemas Motores Humanos, localizado na Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo. No primeiro dia o participante ficará sentado e será instruído a se imaginar realizando uma tarefa de toque em um alvo com sua mão parética. Em seguida, para fins de avaliação, a tarefa será realizada fisicamente. Nesse momento, serão colocados marcadores reflexivos na mão, braço, ombro e tronco do participante, para realizar análise com câmeras. O participante permanecerá em média duas horas no laboratório. No segundo dia o paciente realizará a prática física da tarefa de toque em um alvo com a mão parética e após será novamente realizada a mesma avaliação do primeiro dia. O tempo de permanência no laboratório no segundo dia será de duas horas aproximadamente.

3.Desconfortos e riscos esperados;

Os experimentos realizados nesta pesquisa não oferecerem desconforto ou risco ao participante.

5. Benefícios que poderão ser obtidos;

Com esta pesquisa será possível verificar melhora na tarefa testada e com isso sugerir que a prática mental pode ser uma ferramenta terapêutica eficaz para melhorar a aprendizagem de habilidades motoras.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

1. acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas;

2. liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência;

3. salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade; e

4. disponibilidade de assistência no HU ou HCFMUSP, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa.

V - INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Audrey Sartori Cabral – cel. (11) 98542-6893

Luis Augusto Teixeira - tel. (11) 3091-2129

Avenida Prof. Mello de Moraes, 65- Cidade Universitária- CEP: 05508-030

VI. - OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, ____/____/____

assinatura do sujeito da pesquisa
ou responsável legal

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)

Anexo C – Resultados completos das ANOVAS

1. Dados estatísticos referentes ao tempo de movimento durante a prática física. Modelo: Análise de variância de 3 fatores, 2 (lado) x 2 (prática) x 5 (bloco), com medidas repetidas no último fator. Comparações post hoc por meio prova de Newman-Keuls.

ANOVA

		Degr. of	MS	F	p
Lado	0,132	1,000	0,132	0,365	0,552
Prática	1,683	1,000	1,683	4,639	0,042
Lado*Prática	0,102	1,000	0,102	0,282	0,600
Erro	8,707	24,000	0,363		
Bloco	0,308	4,000	0,077	6,131	0,000
Bloco*Lado	0,012	4,000	0,003	0,248	0,910
Bloco*Prática	0,094	4,000	0,024	1,881	0,120
Bloco*Lado*Prática	0,016	4,000	0,004	0,312	0,869
Erro	1,205	96,000	0,013		

Post hoc Newman-Keuls para efeito principal de bloco

Prática	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	1,070	1,025	0,9834	0,9478	0,9496
Bloco 1		0,128	0,011	0,001	0,001
Bloco 2	0,128		0,162	0,050	0,033
Bloco 3	0,011	0,162		0,454	0,256
Bloco 4	0,001	0,050	0,454		0,951
Bloco 5	0,001	0,033	0,256	0,951	

Anexo C – Resultados completos das ANOVAS

2 Dados estáticos referentes aos Testes

2.1 Tempo de movimento

ANOVA

	SS	Degr. of	MS	F	p
Lado	0,006	1,000	0,006	0,027	0,872
Prática	1,365	1,000	1,365	6,086	0,021
Lado*Prática	0,243	1,000	0,243	1,083	0,309
Erro	5,159	23,000	0,224		
TESTE	0,603	3,000	0,201	6,348	0,001
TESTE*Lado	0,093	3,000	0,031	0,975	0,409
TESTE*Prática	0,071	3,000	0,024	0,748	0,527
TESTE*Lado*Prática	0,092	3,000	0,031	0,973	0,411
Erro	2,183	69,000	0,032		

Post hoc Newman-Keuls para efeito principal de bloco

Testes	{1}	{2}	{3}	{4}
	1,043	1,021	0,858	0,904
PT1		0,655	0,002	0,015
R1	0,655		0,004	0,018
PT2	0,002	0,004		0,353
R2	0,015	0,018	0,353	

PT1: pós-teste 1, PT2: pós-teste 2, R1: retenção 1, R2: retenção 2

2.2 Índice de retidão

ANOVA

	SS	Degr. of	MS	F	p
Lado	0,000	1,000	0,000	0,005	0,945
Prática	0,083	1,000	0,083	6,666	0,017
Lado*Prática	0,003	1,000	0,003	0,220	0,643
Erro	0,286	23,000	0,012		
TESTE	0,006	3,000	0,002	0,860	0,466
TESTE*Lado	0,011	3,000	0,004	1,626	0,191
TESTE*Prática	0,001	3,000	0,000	0,084	0,969
TESTE*Lado*Prática	0,009	3,000	0,003	1,353	0,264
Erro	0,152	69,000	0,002		

Anexo C – Resultados completos das ANOVAS

2.3 Unidade de movimento

ANOVA

	SS	Degr. of	MS	F	p
Lado	0,327	1,000	0,327	0,083	0,776
Prática	10,231	1,000	10,231	2,583	0,122
Lado*Prática	2,685	1,000	2,685	0,678	0,419
Erro	91,093	23,000	3,961		
TESTE	7,169	3,000	2,390	2,951	0,039
TESTE*Lado	0,695	3,000	0,232	0,286	0,835
TESTE*Prática	3,120	3,000	1,040	1,284	0,287
TESTE*Lado*Prática	4,257	3,000	1,419	1,752	0,164
Erro	55,883	69,000	0,810		

Post hoc Newman-Keuls para efeito principal de bloco

TESTES	{1}	{2}	{3}	{4}
	2,691	2,796	2,098	2,407
PT1		0,674	0,051	0,258
R1	0,674		0,032	0,268
PT2	0,051	0,032		0,219
R2	0,258	0,268	0,219	

PT1: pós-teste 1, PT2: pós-teste 2, R1: retenção 1, R2: retenção 2

2.4 Deslocamento vertical

ANOVA

	SS	Degr. of	MS	F	p
Lado	457	1	457	0,153	0,699
Prática	4238	1	4238	1,420	0,246
Lado*Prática	4977	1	4977	1,668	0,209
Erro	68635	23	2984		
TESTE	8989	3	2996	6,386	0,001
TESTE*Lado	341	3	114	0,242	0,867
TESTE*Prática	3016	3	1005	2,143	0,103
TESTE*Lado*Prática	353	3	118	0,251	0,861
Erro	32373	69	469		

Anexo C – Resultados completos das ANOVAS

Post hoc Newman-Keuls para efeito principal de bloco

TESTES	{1}	{2}	{3}	{4}
	121,27	117,80	103,77	99,707
PT1		0,552	0,010	0,002
R1	0,552		0,018	0,007
PT2	0,010	0,018		0,486
R2	0,002	0,007	0,486	

PT1: pós-teste 1, PT2: pós-teste 2, R1: retenção 1, R2: retenção 2

2.5 Erro espacial

ANOVA

	SS	Degr. of	MS	F	p
Lado	5,632	1,000	5,632	0,094	0,762
Prática	197,033	1,000	197,033	3,297	0,084
Lado*Prática	49,897	1,000	49,897	0,835	0,371
Erro	1254,972	21,000	59,761		
TESTE	36,126	3,000	12,042	0,295	0,829
TESTE*Lado	186,717	3,000	62,239	1,525	0,217
TESTE*Prática	120,582	3,000	40,194	0,985	0,406
TESTE*Lado*Prática	60,566	3,000	20,189	0,495	0,687
Erro	2570,914	63,000	40,808		

2.6 Movimento linear do ombro

ANOVA

	SS	Degr. of	MS	F	p
Lado	440,027	1,000	440,027	0,210	0,651
Prática	143,039	1,000	143,039	0,068	0,796
Lado*Prática	30,831	1,000	30,831	0,015	0,904
Erro	48183,679	23,000	2094,943		
TESTE	866,621	3,000	288,874	1,124	0,346
TESTE*Lado	994,662	3,000	331,554	1,290	0,285
TESTE*Prática	924,050	3,000	308,017	1,198	0,317
TESTE*Lado*Prática	527,222	3,000	175,741	0,684	0,565
Erro	17740,481	69,000	257,108		

Anexo C – Resultados completos das ANOVAS

2.7 Amplitude de deslocamento angular do ombro

ANOVA

	SS	Degr. of	MS	F	p
Lado	56,005	1,000	56,005	0,849	0,366
Prática	82,347	1,000	82,347	1,248	0,275
Lado*Prática	0,208	1,000	0,208	0,003	0,956
Erro	1517,798	23,000	65,991		
TESTE	16,499	3,000	5,500	0,434	0,729
TESTE*Lado	10,434	3,000	3,478	0,275	0,843
TESTE*Prática	12,647	3,000	4,216	0,333	0,802
TESTE*Lado*Prática	44,937	3,000	14,979	1,183	0,323
Erro	873,614	69,000	12,661		

2.8 Amplitude de deslocamento angular do cotovelo

ANOVA

	SS	Degr. of	MS	F	p
Lado	8,860	1,000	8,860	0,080	0,780
Prática	14,141	1,000	14,141	0,128	0,724
Lado*Prática	1,374	1,000	1,374	0,012	0,912
Erro	2427,595	22,000	110,345		
TESTE	177,244	3,000	59,081	5,676	0,002
TESTE*Lado	21,539	3,000	7,180	0,690	0,562
TESTE*Prática	21,123	3,000	7,041	0,676	0,570
TESTE*Lado*Prática	18,573	3,000	6,191	0,595	0,621
Erro	687,047	66,000	10,410		

Post hoc Newman-Keuls para efeito principal de bloco

TESTES	{1}	{2}	{3}	{4}
	15,410	14,552	12,594	12,447
PT1		0,337	0,006	0,007
R1	0,337		0,031	0,053
PT2	0,006	0,031		0,869
R2	0,007	0,053	0,869	

PT1: pós-teste 1, PT2: pós-teste 2, R1: retenção 1, R2: retenção 2

Anexo C – Resultados completos das ANOVAS

2.9 Amplitude de deslocamento angular do punho

ANOVA

	SS	Degr. of	MS	F	p
Lado	0,002	1,000	0,002	0,000	0,996
Prática	57,164	1,000	57,164	0,847	0,367
Lado*Prática	27,819	1,000	27,819	0,412	0,527
Erro	1553,016	23,000	67,522		
TESTE	36,779	3,000	12,260	1,168	0,328
TESTE*Lado	10,966	3,000	3,655	0,348	0,790
TESTE*Prática	229,988	3,000	76,663	7,307	0,000
TESTE*Lado*Prática	14,272	3,000	4,757	0,453	0,716
Erro	723,959	69,000	10,492		

Post hoc Newman-Keuls para efeito principal de bloco

	TESTES	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
Prática		8,640	8,258	10,617	12,574	10,628	8,792	7,294	7,262
Controle	PT1		0,758	0,251	0,018	0,721	0,936	0,758	0,886
Controle	R1	0,758		0,232	0,010	0,722	0,957	0,613	0,859
Controle	PT2	0,251	0,232		0,258	0,995	0,340	0,411	0,493
Controle	R2	0,018	0,010	0,258		0,309	0,203	0,099	0,118
Prática Mental	PT1	0,721	0,722	0,995	0,309		0,303	0,087	0,106
Prática Mental	R1	0,936	0,957	0,340	0,203	0,303		0,620	0,728
Prática Mental	PT2	0,758	0,613	0,411	0,099	0,087	0,620		0,980
Prática Mental	R2	0,886	0,859	0,493	0,118	0,106	0,728	0,980	

PT1: pós-teste 1, PT2: pós-teste 2, R1: retenção 1, R2: retenção 2