

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE PSICOLOGIA

CARLA MAZZITELLI

Aprendizado motor em escolares: comparação entre prática mental,
prática física e prática combinada

São Paulo

2013

CARLA MAZZITELLI

Aprendizado motor em escolares: comparação
entre prática mental, prática física e prática combinada
(versão corrigida)

Tese apresentada ao Instituto de
Psicologia da Universidade de São Paulo para obtenção
do Título de Doutora em Psicologia

Área de concentração: Neurociências e
Comportamento.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Elisa Pimentel
Piemonte

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.

Catálogo na publicação
Biblioteca Dante Moreira Leite
Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo

Mazzitelli, Carla.

Aprendizado motor em escolares: comparação entre prática mental, prática física e prática combinada / Carla Mazzitelli; orientadora Maria Elisa Pimetel Piemon. -- São Paulo, 2012. 77 f.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) – Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

1. Crianças 2. Aprendizagem motora 3. Treinamento físico I. Título.

HQ767.8

FOLHA DE APROVAÇÃO

MAZZITELLI, Carla

Aprendizado motor em escolares: comparação entre prática mental, prática física e prática combinada

Tese de doutorado apresentada ao Instituto de
Psicologia da Universidade de São PauloÁrea de concentração: Neurociências e
Comportamento.

Aprovado em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

***Dedico este trabalho aos meus pais por toda
dedicação e amor dispensado aos filhos***

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Maria Elisa, por toda oportunidade de aprendizado. Na graduação, curso avançado, nas disciplinas do mestrado, doutorado, congressos.....Por não ter deixado que desistisse de realizar este trabalho com crianças;

Ao meu pai, por toda ajuda e incentivo;

À minha irmã, por fazer parte de cada momento da minha vida pessoal e profissional. Por toda ajuda e compreensão!

À UMESP, docentes e amigos: André, Marga, Lu, Ale, Dumas. Por cada um dos dias compartilhados nestes 13 anos;

Às ex-colegas de trabalho e sempre amigas: Dri, Tati, Marcinha e Mara.

Sem cada um de vocês esta etapa não seria finalizada! Tenho muito que agradecer a todos!

Resumo

MAZZITELLI, C. Aprendizado motor em escolares: comparação entre prática mental, prática física e prática combinada. Tese (Doutorado) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

A compreensão do processo de aprendizagem motora é de real importância para a atividade fisioterapêutica, visto que as abordagens e técnicas visam à mudança e o aperfeiçoamento de uma atividade motora ou mesmo a aquisição de uma nova habilidade. Neste processo a prática realizada tem implicação direta na aprendizagem motora. **Objetivo:** comparar os efeitos da prática combinada (iniciada pelo treino mental, seguido pelo treino físico, com distribuição proporcionada entre os mesmos), com os efeitos da prática mental e física isoladas, sobre aquisição, retenção, transferência inter tarefa e inter manual em crianças de 9 a 10 anos. **Método:** participaram do estudo 36 crianças, divididas em 3 grupos de acordo com o tipo de prática realizada: o grupo PM está composto 12 crianças, o PF por 12 crianças e o PC por 12 crianças. O treinamento foi realizado em sessão única e constituiu da repetição de 2400 movimentos de uma sequência de movimentos de oposição dos dedos. Todos os grupos foram submetidos às mesmas avaliações antes do treinamento, depois do treinamento, 4, 7, e 28 dias após o treinamento. A aquisição, a retenção e a transferência foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA). Para todas as interações que alcançaram nível de significância ($p < 0,05$) foi aplicado o pós-teste de Tukey. **Resultados:** para o tempo de treinamento, tanto a PM quanto a PF proporcionaram melhora progressiva da velocidade ao longo dos blocos, já a PC proporcionou melhora inicial entre os dois primeiros blocos, e piora na velocidade do segundo para o terceiro que não se modificou até o final do treino. A análise da aquisição evidenciou que a PC proporcionou ao final do treino o mesmo nível de desempenho da PM, mas inferior ao obtido pela PF. Para retenção, a PC proporcionou os mesmo níveis obtidos pela PF e PM, com ganhos adicionais tardios. Para a transferência inter-sequência e intermanual, a PC permitiu a transferência do desempenho obtido por meio do treino da ST para a SR de forma similar a PM, mas superior a PF. **Conclusão:** a prática combinada não mostrou vantagens em comparação a prática física ou mental isoladas para a aprendizagem, retenção de uma tarefa de oposição sequencial de dedos em crianças de 9 e 10 anos. Entretanto, mostrou-se mais eficiente que a prática física isolada para a transferência inter-sequências e intermanual, alcançando a mesma eficiência da prática mental isolada. Assim, as três formas de prática foram igualmente eficientes para a aprendizagem e retenção de movimentos sequenciais e a prática mental, combinada ou não com a prática física foi mais eficiente que a prática física isolada para a transferência inter-sequências e intermanual.

Palavras-chave: Aprendizagem motora; modelo mental; prática combinada; crianças

Abstract

MAZZITELLI, C. Motor Learning in school children: comparison physical, mental and combined practice.

Understanding the process of motor learning it is important to physiotherapy so that approaches and techniques designed to change and improve motor activity or even the acquisition of a new skill. In this process the practice has held direct implication in motor learning. **Purpose:** To compare the effects of combined practice (initiated by mental training, followed by physical training, with distribution provided between them), with the effects of mental and physical practice isolated on acquisition, retention and transfer on the learning of sequential finger opposition movements in children 9-10 years. **Methods:** This study included thirty-six 9 to 10 year-old children that were randomly allocated into three groups: mental practice (MP), physical practice (PP), and combined (PC). The training was conducted in a single session and consisted repetition of 2400 movements sequence of finger opposition movements. All groups underwent the same evaluations before training, after training, 4, 7, and 28 days after training. The acquisition, retention and transfer were evaluated by analysis of variance (ANOVA). For all interactions that reached statistical significance ($p < 0.05$) was applied post-Tukey test. **Results:** The training time for both the MP and FP provided progressive improvement in speed over the blocks, the CP has provided initial improvement between the first two blocks, and worsened speed from the second to the third that did not change until the end of the training. The analysis showed that acquisition of the CP at the end of the training provided the same level of performance of the MP, but lower than that obtained by the FP. For retention, the CP showed the same levels obtained by the FP and MP, with additional gains late. For inter-sequence and intermanual transfer, CP allowed to transfer performance obtained by training for the trained sequence similarly to reverse sequence by MP, but exceeding FP. **Conclusion:** The combined practice showed no advantages compared to physical or mental practice isolated to learning retention task of sequential finger opposition in children aged 9 and 10 years. However, proved more efficient than single physical practice to transfer inter-sequences and intermanual, achieving the same efficiency of mental practice alone. So the three forms of practice were equally efficient for learning and retention of sequential movements and mental practice, whether or not combined with physical practice was more effective than physical practice alone for transfer.

Keywords: motor learning; motor imagery; combined practice, transfer of learning; school children

Lista de ilustrações

Figura 1 – Modelo de controle motor com base em modelos internos antecipatórios

Figura 2 – Modelo de controle motor com base em modelos internos antecipatórios (MIA) e suas implicações para a prática mental

Figura 3 – Representação da mão dominante preparada para o experimento

Figura 4 - Representação esquemática das diferentes fases do experimento para os grupos PM, PF e PC

Figura 5 - Representação do movimento de oposição do quinto com o primeiro dedo

Figura 6 - Representação da posição das mãos durante o treinamento da PM

Figura 7 - Tempo de treinamento dos grupos PM, PF e PC

Figura 8 - Número de seqüências corretas por minuto da ST antes e depois do treinamento

Figura 9 - Número de seqüências corretas por minuto da ST depois do treinamento, 4, 7 e 28 dias depois do treinamento

Figura 10 - Número de seqüências corretas por minuto das ST e SR, antes e depois do treinamento (DT, 7dDT e 28dDT), para os grupos PM, PF e PC.

Figura 11 - Número de seqüências corretas por minuto da ST realizada com a MT e MNT, antes e depois do treinamento (DT, 7dDT e 28dDT) para os grupos PM, PF e PC.

Lista de tabelas

Tabela 1 - Subcomponentes das sequências 1 e 2

Tabela 2 – Submovimentos das sequências 1 e 2

Tabela 3 - Dados demográficos referentes ao sexo, idade e anos de escolaridade dos grupos PM, PF e PC

Tabela 4 - Médias e desvios-padrão do tempo de treinamento (em segundos) para cada um dos blocos para os grupos PM, PF e PC.

Tabela 5: Média e desvio-padrão do desempenho da ST executada pela MT em termos de sequências corretas por minuto, para análise da aprendizagem nos grupos PM, PF e PC.

Tabela 6: Média e desvio-padrão do desempenho da ST executada pela MT em termos de sequências corretas por minuto.

Tabela 7: Média e desvio-padrão do desempenho das ST e SR executadas pela MT em termos de sequências corretas por minuto.

Tabela 8: Média e desvio-padrão do desempenho da ST executada pelas MT e MNT em termos de sequências corretas por minuto.

Lista de abreviaturas e siglas

MI: Modelo Interno

IM: imaginação Mental

PM: Prática Mental

PF: Prática Física

MIA: Modelo Interno Antecipatório

fMRI: Ressonância Magnética Funcional

PC: prática combinada

ST: sequência treinada

SR: sequência reversa à sequência treinada

AT: antes do treinamento

DT: depois do treinamento

dDT: dias depois do treinamento

4dDT: reavaliação 4 dias depois do treinamento

7dDT: reavaliação 7 dias depois do treinamento

28dDT: reavaliação 28 dias depois do treinamento

MT: mão treinada

MNT: mão não treinada

BL: bloco

DP: desvio-padrão

seg: segundos

min: minutos

n: número de participantes

AVA: avaliação

SEQ: sequência

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Aprendizagem motora e modelos internos	1
1.2. Prática mental.....	2
1.3. Prática física e mental: similaridades e diferenças	7
1.4. Combinação entre a prática física e mental.....	14
1.5. Prática mental em crianças	18
1.6. Prática combinada em crianças	20
2. JUSTIFICATIVA.....	23
3. OBJETIVO	24
3.1. Objetivo Geral	24
3.2. Objetivos Específicos	24
4. HIPÓTESES.....	25
5. METODO.....	26
5.1. Casuística.....	26
5.2. Local/Situação	26
5.3. Materiais	27
5.4. Procedimentos	27
5.4.1. Apresentação da tarefa.....	27
5.4.2. Memorização das seqüências	30
5.4.3. Familiarização da tarefa	31
5.4.4. Avaliação antes do treinamento.....	31
5.4.5. Treinamento	32
5.4.6. Avaliação depois do treinamento	34

5.4.7. Avaliação 4 dias depois do treinamento	35
5.4.8. Avaliação 7 e 28 dias depois do treinamento	35
5.5. Análise Estatística.....	35
6. RESULTADOS.....	37
6.1. Análise dos dados demográficos	37
6.2. Análise do tempo de treinamento (aquisição)	37
6.3. Análise do desempenho imediatamente após o treino.....	39
6.4. Análise do desempenho após o treinamento	41
6.5. Transferência do desempenho da ST para a SR.....	42
6.6. Transferência do desempenho da ST para a mão não-treinada	44
7. DISCUSSÃO.....	46
7.1. A eficiência da prática mental combinada ou não com a física para a aprendizagem de crianças.....	47
7.2. A prática mental combinada ou não com a física favorece a transferência da aprendizagem em crianças.....	49
7.3. A combinação da prática mental e física não potencializa a aprendizagem em crianças	52
7.4. Implicações práticas	56
8. CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS.....	66

1. INTRODUÇÃO

A compreensão do processo de aprendizagem motora é de fundamental importância para a atividade fisioterapêutica, visto que as abordagens e técnicas visam à mudança e o aperfeiçoamento de uma atividade motora ou mesmo a aquisição de uma nova habilidade.

Atualmente o número crescente de evidências sobre o potencial da utilização da prática mental isolada ou combinada a prática física como forma eficiente de treino tem levado a sua incorporação ao repertório de ferramentas para a reabilitação em adultos. Entretanto, as evidências sobre os efeitos desse tipo de prática ainda são escassas em crianças.

Considerando que as funções motoras e cognitivas envolvidas neste tipo de prática possam ainda não estar completamente maduras em crianças, o que pode interferir na sua eficiência, é fundamental que se amplie as evidências sobre o assunto.

1.1. Aprendizagem motora e modelos internos

Sob o ponto de vista neural, o processo de aprendizagem motora é resultado de modificações da eficiência sináptica que levam ao desenvolvimento de novas redes de conexão neuronal entre as diferentes áreas cerebrais, as quais, depois de consolidadas, formam novas memórias motoras (KANDEL, et al., 1997). Essas memórias, dentro do modelo de sistemas de memória mais difundido (COHEN e SQUARE, 1982), são consideradas implícitas, ou seja, seu conteúdo não pode ser acessado por meio consciente ou declarativo e sua aquisição é lenta, baseada na repetição (SCHMIDT, 1975). Como seu conteúdo não pode ser acessado por vias conscientes, a mudança estável de desempenho é tomada como principal evidência de consolidação (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003).

Assim, durante o treino de uma nova habilidade motora por meio da repetição, redes sinápticas são modificadas e consolidadas em novas memórias, que são resgatadas cada vez que a tarefa é executada. A essas novas representações neurais resultantes da aprendizagem, que codificam os diferentes parâmetros perceptivos, motores e cognitivos de uma tarefa, denominam-se Modelos Internos (MI). Este Modelo Interno seria uma referência interna da tarefa pretendida, sendo que, para a execução da tarefa, é necessário que esta representação cognitiva seja resgatada e transformada em ação têmporo-espacial (SHERWOOD e LEE, 2003).

Durante muito tempo acreditou-se que apenas a repetição física do movimento fosse capaz de desencadear este processo. Isto porque, os principais modelos de aprendizagem motora eram baseados na realimentação dos resultados dos movimentos para o aperfeiçoamento da próxima repetição o que, progressivamente, levava a consolidação de um novo padrão estável e mais eficiente (SCHMIDT, 1975). Entretanto, atualmente sabe-se que a repetição mental do movimento também é capaz de levar a sua aprendizagem de forma menos eficiente (KAWATO, 1999; WOLPERT et al., 1995; McCULLAGH e WEISS, 2001), tão eficiente (JEANNEROD, 1995; DECETY, 1996; LOTZE e HALSBAND, 2006; WOHLDMANN et al., 2008; GUILLOT et al., 2008), ou mais eficiente que a repetição física observável (ALLAMI, et al., 2008; FELTZ e LANDERS, 1983; DICKSTEIN e DEUTSCH, 2007).

1.2. Prática Mental

Imaginação mental (IM) é a habilidade de cognitivamente reproduzir ou visualizar um objeto, cena, sensação como se estivesse ocorrendo na realidade. Imaginar-se em lugar tranquilo é exemplo do uso da imaginação mental como uma forma de induzir ao relaxamento. A prática mental (PM) envolve a imaginação motora repetida, ou seja, o ensaio da ação na ausência de movimentos observáveis que resultam na melhora do desempenho motor (HELENE e XAVIER, 2006). Prática mental é, portanto, o uso repetitivo de imaginação mental

para atingir um resultado desejado. Assim, é um processo consciente que envolve a predição das consequências da ação ensaiada (GABBARD, 2009). As modalidades mais comuns da imaginação motora são a imaginação visual (auto-visualização do movimento) e a imaginação cinestésica (habilidade de perceber o feedback somático que o movimento deve gerar) (MOLINA et al., 2008).

As evidências que a prática mental pode levar a melhora do desempenho de uma tarefa podem ser amplamente encontradas na literatura há mais de 50 anos. Vandell et al., em um estudo clássico de 1943, frequentemente citado como evidência da eficácia da prática mental, mostraram que grupos de indivíduos que praticavam mentalmente lances livres de basquete e arremesso de dardos livre apresentaram melhora do desempenho (23%) similar àqueles que praticavam fisicamente a tarefa (24%) e superior ao grupo que não praticava. Desde então numerosos estudos tem confirmado a melhora do desempenho de uma tarefa por meio da prática mental (KAWATO, 1999; WOLPERT et al., 1995; McCULLAGH e WEISS, 2001; JEANNEROD, 1995; DECETY, 1996; LOTZE e HALSBAND, 2006; WOHLDMANN et al., 2008; GUILLOT et al., 2008; ALLAMI, et al., 2008; FELTZ e LANDERS, 1983; DICKSTEIN e DEUTSCH, 2007).

A fim de comparar os efeitos do treinamento de força de preensão digital contra uma carga de 10 kg por meio da prática mental e da prática física (PF) sobre a capacidade de produzir força, avaliada por meio de eletromiografia, Blank et al. (1999), evidenciaram que a prática mental proporcionou as mesmas modificações eletromiográficas que a prática física. Assim, mesmo sem envolver a atividade muscular real, a prática mental é capaz de promover alterações mesmo em nível periférico, similar a prática física.

A eficiência da prática mental pode ser compreendida por meio do conceito de Modelos Internos Antecipatórios (MIA). Para o controle motor, por menor que seja o

intransponível intervalo, entre o movimento, e o sinal aferente que realimenta o sistema sobre os efeitos do mesmo, é um fator que prejudica o desempenho motor ideal.

Assim, a habilidade de prever o estado motor futuro do sistema motor é essencial para a eficiência dos processos de aprendizagem. Acredita-se que essa predição seja construída pela formação de um modelo interno antecipatório (WOLPERT e MIALL, 1996).

Sistemas neurais humanos guardam representações das propriedades biomecânicas do corpo, do ambiente e de suas interações, que são usadas para o controle da ação (PAILLARD, 1990). A formação do modelo interno antecipatório seria baseada na utilização dessas representações já armazenadas, integradas com as informações sensoriais do estado atual do organismo. Com base nessas informações seria possível projetar a relação causal entre um comando motor e as suas consequências sensoriais em função do estado atual, da tarefa e do seu contexto, o que permitiria a formação ou aperfeiçoamento de uma representação do sistema neural que simularia o comportamento dinâmico do corpo em relação ao ambiente (WOLPERT et al. 1995; WOLPERT e KAWATO, 1998).

Assim, mesmo na ausência da execução física do movimento, seria possível estabelecer previsões (estimativas) sobre ações (BOURGEOIS e COELLO, 2009; KUNZ, CREEM-REGHEER e THOMPSON, 2009; LOREY et al., 2010; PELGRIMS, ANDRES, e OLIVIER, 2009), cinemática dos membros e parâmetros do ambiente externo de forma a permitir o aperfeiçoamento no planejamento e execução do movimento (WOLPERT, 1997).

Essas estimativas seriam baseadas em diferentes modalidades sensoriais associadas à ação imaginada. Estudos utilizando diferentes técnicas de neuroimagem têm demonstrado que redes neurais comuns são ativadas durante a imaginação e os correspondentes processos perceptuais reais visuais (O' CRAVEN e KANWISHER, 2000), auditivos (KRAEMER et al., 2005), somatossensoriais (YOO et al., 2003), e olfativos (BENSAFI et al., 2003).

Tian e Poeppel (2010) investigaram como as representações se desenvolvem pela prática mental, utilizando a magnetoencefalografia (técnica de imageamento que permite o registro temporal de alta resolução da atividade neural), durante duas tarefas realizadas de forma física e mental: tamborilar dos dedos e falar. Os resultados mostraram que a atividade no córtex parietal está associada a uma representação que subserve a sensação cinestésica do movimento imaginário e que a atividade em áreas neurais auditivas após a fala imaginária (~170ms) está relacionada a uma representação que prediz as consequências auditivas esperadas de comandos motores planejados para produção da fala. Os autores defendem que esses resultados fornecem fortes evidências neurofisiológicas favoráveis a formação de representações capazes de prever as consequências somatossensoriais e auditivas dos movimentos, durante os movimentos imaginários.

A demonstração de ativação neural similares, em regiões de diferentes modalidades perceptivas durante a imaginação mental correspondente, fornece uma forte evidência que a experiência perceptual durante a prática mental é mediada por representações neurais amplas, de modalidades específicas. Na prática mental a ação planejada é simulada pelo sistema motor para obter internamente a representação de mudanças perceptivas consequentes à ação real, dependentes das demandas da tarefa e da influência contextual, ativando um processo de integração sensório-motora. Assim, por um processo *top-down* novas representações neurais são construídas semelhantes àquelas resultantes de um processo *bottom-up* dependente da realimentação perceptual, de forma que a experiência perceptual possa ser re-eliciada sem a presença de quaisquer estímulos físicos durante a prática mental.

A partir dessas evidências, Tian e Poeppel (2012), deram importante contribuição para a integração entre os conceitos envolvidos em prática mental, propostos fundamentalmente pela área de neurociências e os conceitos dos modelos internos antecipatórios, propostos pelas áreas interessadas no controle motor a partir de uma perspectiva da engenharia.

Com base nesse modelo integrado (Figura 1), a prática mental é um processo interno de previsão que envolve uma variedade de mecanismos de simulação motora e estimativa perceptual, pelos quais novos modelos internos antecipatórios podem ser construídos.

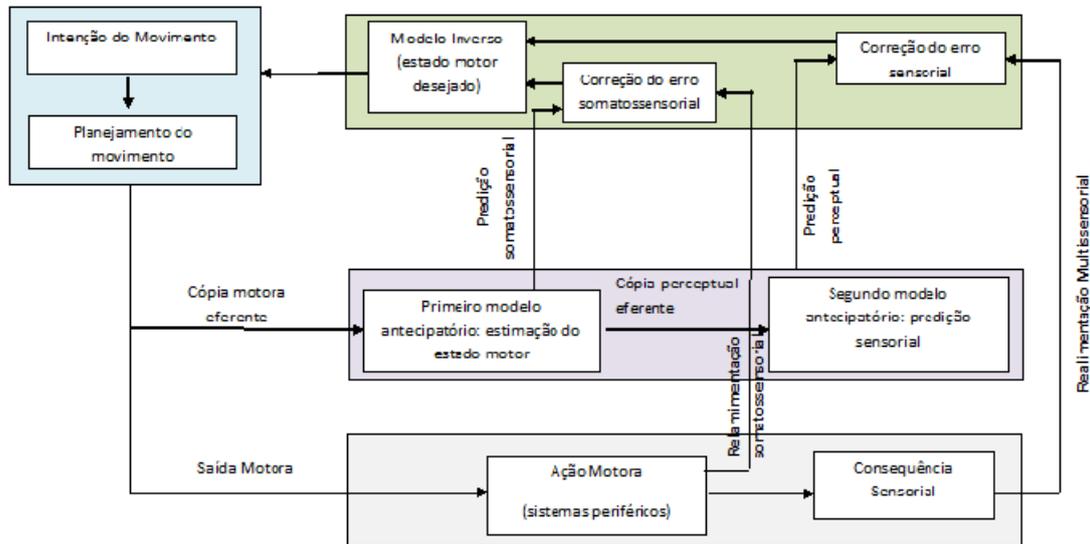


Figura 1: Modelo de controle motor com base em modelos internos antecipatórios (MIA). Os comandos motores são em primeiro lugar previstos de acordo com o movimento pretendido no córtex parietal (a área sombreada azul), para então serem planejados. Enquanto o sinal de planejamento é enviado para o sistema motor periférico (área sombreada cinzenta) para execução motora, a cópia dos comandos motores planejados (cópia motora eferente) é processada internamente simulando os mesmos movimentos por meio de imagens mentais e permitindo que as consequências somatossensoriais associadas aos movimentos simulados sejam estimadas (a área sombreada lilás). Dando prosseguimento ao desenvolvimento do MIA, uma cópia da eferência perceptiva é gerada para prever as consequências perceptuais de estimativa motora no córtex sensorial (área sombreada lilás). O estado do motor será atualizado de acordo com a estimativa das consequências motoras e perceptuais, bem como com as informações reais da realimentação somatossensorial e multissensorial resultantes da execução do física do movimento (área sombreada verde). Finalmente, a integração entre as correções de erros estimadas pelo MIA e reais resultantes da execução física do movimento, é disponibilizada para o aperfeiçoamento do planejamento do movimento pretendido (Adaptada de Tian e Poeppel, 2012).

1.3. Prática física e prática mental: similaridades e diferenças

Embora seja possível aprender um novo movimento por meio da prática física (PF) ou da prática mental (PM), não são claras quais as similaridades e diferenças entre os processos envolvidos em cada uma dessas práticas.

O maior número de estudos que investigaram a questão o fez sob a perspectiva das similaridades e diferenças nos padrões de ativação neurais entre a prática física e prática mental. Muitos estudos com imageamento encefálico mostraram que os dois tipos de práticas ativam áreas cerebrais semelhantes, envolvidas fundamentalmente com a programação e preparação de um ato motor (YOO et al., 2003; KUHTZ-BUSCHBECK, et al., 2003; DECHEK e FRAHM, 2004; LOTZE e HALSBAND, 2006; KASAI et al., 1997; HASHIMOTO e ROTHWELL, 1999; KOSSLYN, 2007; LACOURSE, 2004), enquanto outros mostraram diferenças discretas nos padrões de ativação, com maior ativação da área motora suplementar e cerebelo na prática física e maior ativação de áreas de processamento visual e em áreas terciárias na prática mental (NYBERG, 2006; GUILLOT et al., 2008).

Essas diferenças são atribuídas à maior participação dos componentes visuais, espaciais e simbólicos da tarefa na prática mental (SHERWOOD e LEE, 2003), e a representação mais abstrata e menos focada nos aspectos motores (WOHLDMANN et al., 2008).

Diferenças também foram encontradas nas áreas pré-motora e motora suplementar, relacionadas com a atividade motora imaginativa, portanto mais ativada na prática mental; no hemisfério cerebelar lateral, relacionada com a preparação do movimento, portanto menos ativadas na prática física e no lobo parietal superior, relacionado ao processamento espacial, mais ativado na prática mental (KUHTZ-BUSCHBECK, et al., 2003; DECHENE e FRAHM, 2004; LOTZE e HALSBAND, 2006).

Nyberg et al. (2006) em estudo cujo objetivo foi comparar as modificações nos padrões de ativação neural após a prática física e prática mental de movimentos sequenciais de oposição de dedos, seguindo o desenho experimental do estudo de Karni et al. (1998), registrou a atividade neural por meio de fMRI, durante a realização dos movimentos de oposição de dedos em duas diferentes sequências, antes e depois do treinamento diário de apenas uma das sequências de movimentos. Metade dos participantes realizou o treino por meio da prática física e a outra metade por meio da prática mental. Os resultados comportamentais forneceram evidências que a prática mental pode melhorar o desempenho da tarefa, especificamente para a sequência treinada, de forma similar a prática física. Os resultados indicaram que os correlatos neurais associados à melhora de desempenho da sequência de movimentos treinada foram diferentes entre as práticas, com o cerebelo mais fortemente associado a prática física e o córtex de associação visual a prática mental.

Assim, embora ambas as formas de prática levem a melhora do desempenho, esta melhora se baseia, pelo menos em parte, a ativação em diferentes áreas do encéfalo. Os autores discutem que, por envolverem diferentes redes neurais, essas duas formas de treino tanto poderiam se complementar, levando a resultados mais positivos, como poderiam interferir uma na outra, levando a resultados negativos.

Embora menos investigada, outra importante diferença que tem sido apontada entre os processos envolvidos na prática física e prática mental seria que a última favoreceria a formação de um modelo interno antecipatório independentemente dos efetores, ou seja, que pode ser replicado com a utilização de diferentes efetores. Já a prática física levaria a formação de um modelo interno antecipatório dependente do efector, ou seja, eficiente fundamentalmente para o efector treinado (WRIGHT, 1990; JORDAN, 1995). Estudos com movimentos sequenciais em macacos e humanos já demonstraram que, o treino físico desenvolve as representações da tarefa nas fases iniciais de aprendizagem, quando as relações

entre os componentes seriam estabelecidas, e que apenas em fases mais tardias, os componentes motores associados aos efetores seriam agregados (HIKOSAKA, 2002).

Estudo de Bapi et al. (2006) apresentou como principal hipótese que a aprendizagem de sequências de movimentos na sua fase inicial envolveria uma representação visuo-espacial abstrata e portanto, independente do efector. Em seu estágio final, envolveria uma representação somato-motora e, portanto, efetora específica.

Os resultados obtidos por meio fMRI antes e depois do treinamento de sequências de movimentos de pressionar teclas, testadas na mesma configuração treinada e em outras configurações, confirmaram a hipótese apresentada, mostrando que durante o processo de aprendizagem, inicialmente houve a ativação do córtex frontal, parietal, e região anterior do estriado, associada a aquisição de representações abstratas, efector-independes, seguida por uma ativação adicional de áreas motoras secundárias (córtex pré-motor dorsal e área motora suplementar) e região posterior do estriado, associada a aquisição da representação específica, efector-dependente (BAPI et al., 2006).

Em contraste a prática física, a aprendizagem por meio da prática mental, permitiria a consolidação de um modelo interno antecipatório independente do efector como produto final do processo. Sob a perspectiva do modelo proposto por Tian e Poeppel (2012), a prática mental poderia produzir um modelo interno antecipatório mais flexível, independente do efector, à medida que se baseia em estimativas das consequências perceptuais dos movimentos, possivelmente mais genéricas, enquanto que na prática física o modelo interno antecipatório foi desenvolvido em informações perceptivas reais, possivelmente muito específicas provenientes das alças de realimentação sensoriais do segmento utilizado para a tarefa num contexto específico (Figura 2).

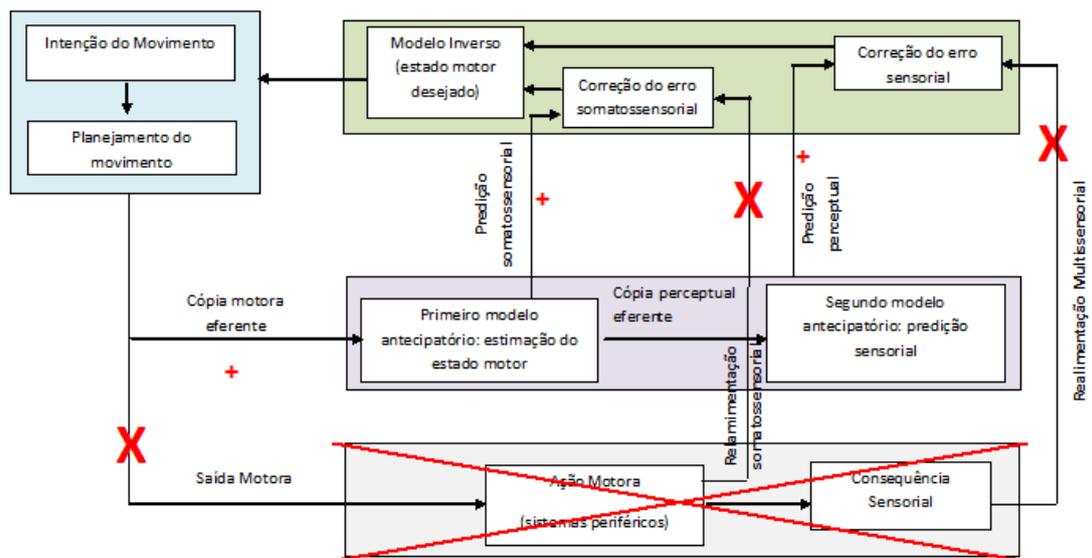


Figura 2: Modelo de controle motor com base em modelos internos antecipatórios (MIA) e suas implicações para a prática mental. A simulação interna e o modelo de estimativas são propostos como uma rota para gerar imagens mentais (a área sombreada rosa). Na prática mental os comandos motores planejados têm a sua saída motora bloqueada (a área sombreada cinza). No entanto, a cópia dos comandos motores planejados (cópia motora eferente) é processada internamente simulando os mesmos movimentos por meio de imagens mentais e permitindo que as consequências somatossensoriais associadas aos movimentos simulados sejam estimadas (a área sombreada lilás). Dando prosseguimento ao desenvolvimento do MIA, uma cópia da eferência perceptiva é gerada para prever as consequências perceptuais que seriam produzidas pelos movimentos simulados (a área sombreada lilás). Com base nessas estimativas, são gerados sinais de correção de erros que são disponibilizadas para o aperfeiçoamento do planejamento do movimento pretendido simulados (a área sombreada verde). Assim, a formação do MIA durante a prática mental é o resultado desses processos de estimativas internas, na ausência da realimentação multissensorial real (as cruzes vermelhas indicam os processos ausentes e os sinais de soma os processos ativos durante a prática mental). (Adaptada de Tian e Poeppel, 2012).

Assim, partindo-se do pré-suposto que os modelos internos antecipatórios desenvolvidos pela prática mental seriam mais flexíveis e independentes do efector, o processo de transferência para tarefas similares e para segmentos não treinados estaria facilitado em comparação à prática física (KAWATO, 1999; WOLPERT et al., 1995; WOHLDMANN, 2007).

Isso porque humanos são capazes de aprender um grande número de habilidades motoras, cada uma correspondente a um modelo interno antecipatório. Entretanto, muitas

dessas habilidades têm algumas características comuns. Sendo assim, as redes neurais, mais do que simplesmente armazenar os múltiplos modelos internos antecipatórios já aprendidos, os gerenciam de forma dinâmica, compartilhando componentes, o que leva ao aumento da sua eficiência e adaptabilidade (TIN e POON, 2005).

Entende-se por transferência ou generalização da aprendizagem motora como a capacidade de aplicar uma habilidade motora que foi aprendida em um contexto para um novo contexto (KRAKAUER et al., 2006). A eficiência da transferência é dependente do número de componentes em comum entre as tarefas (SEIDLER, 2004). Vários estudos demonstram, por exemplo, que o treinamento de uma sequência de movimentos pode ser transferida para outra sequência que contenha os mesmos componentes e em nova ordem (PANZER, WILDE e SHEA, 1999).

Outra forma de transferência pode ainda ser observada não entre tarefas similares, mas entre segmentos corporais. A mudança de desempenho obtida com o treinamento de uma tarefa com um segmento poderia ser generalizada para outro segmento corporal capaz de realizar a mesma tarefa. A transferência entre segmentos mais estudada é a transferência intermanual, na qual, o treinamento de uma tarefa com uma das mãos interfere positivamente no desempenho da mesma tarefa quando realizada com a mão contralateral. Estudos anteriores sobre os efeitos de transferência na tarefa de aprendizagem de movimentos sequenciais de dedos em adultos após a prática física mostraram transferência da mão treinada para a mão contralateral, não treinada, logo após uma sessão de treino e depois de uma fase de consolidação 48 horas (KOPCZYNSKI, 2006).

No entanto, a aprendizagem para sequências de movimentos em adultos após a prática física mostrou-se sequência dependente e conseqüentemente com menor capacidade de transferência para a sequência reversa de movimentos (KARNI, 1998).

Helene e Xavier (2006), em estudo que investigou os efeitos da prática mental e prática física sobre a habilidade de leitura de palavras invertidas, sugeriram que a prática física e a prática mental podem levar a efeitos de transferência diferentes. Os indivíduos que treinaram por meio da prática mental mostraram desempenho superior durante a leitura de novas palavras apresentadas de forma invertida em comparação aos que treinaram por meio da prática física. Esse resultado foi atribuído ao fato dos participantes do grupo de prática mental terem investido mais tempo e esforços durante o treino em comparação ao grupo de prática física.

Wohldmann et al. (2007) propuseram que a prática mental leva ao desenvolvimento e fortalecimento de representação efetor-independente que é mais abstrata e não inclui informações sobre partes específicas do corpo e sua coordenação. Já a prática física leva ao desenvolvimento e fortalecimento de representação efetor-dependente, que incorpora informações sobre as partes do corpo reais usados e a sua coordenação.

Se a prática física e a prática mental são comportamentalmente equivalentes, então os dois tipos de prática devem resultar em padrões similares de interferência e de transferência. No entanto, se a prática mental reforça representação que não inclui processos efetores, então a aprendizagem por meio da mesma seria menos suscetível a interferência de outras tarefas e mais transferível para outros contextos. Assim, é plausível supor que os efeitos de transferência dependem do tipo de representação reforçada pela prática. Portanto, que a prática mental, em comparação a prática física, seja superior quando a habilidade é testada em diferentes condições da treinada.

Embora escassos, estudos confirmam ambas as suposições: (1) a aprendizagem por meio da prática mental permite melhor transferência e (2) é menos suscetível a interferência de outras tarefas.

Wohldmann et al. (2008) compararam a extensão da interferência retroativa e da transferência após prática mental e prática física de uma nova tarefa motora de movimentos sequenciais de dedos testada em diferentes contextos ao treinado (mão oposta e novas sequências). Os resultados mostraram que quando a mesma mão foi utilizada durante todo o experimento, houve melhora similar no desempenho, ou seja, uma boa retenção da aprendizagem. No entanto, quando os participantes mudaram de mão durante o treinamento, apenas aqueles que praticaram mentalmente tiveram melhora do desempenho. Da mesma forma, quando a mesma mão foi utilizada durante todo o treino, ambas (PF e PM) proporcionaram melhora similar no desempenho de novas sequências. Assim, a prática mental levou a menor interferência retroativa e a melhor transferência em comparação a prática física, apoiando a hipótese que a prática mental desenvolve uma representação efetor-independente, enquanto a prática física desenvolve uma representação efetor-dependente. Os autores concluíram que ambas levam ao desenvolvimento de diferentes representações mentais da mesma tarefa e que essas representações diferentes em algumas circunstâncias conferem uma vantagem da prática mental sobre a prática física.

Neste contexto, um programa ideal de treinamento deveria considerar as diferentes representações desenvolvidas por cada tipo de prática. Além disso, como a prática mental fortalece uma representação efetor independente, pode ser a melhor forma de treinamento em situações que envolvem maiores requisitos de transferência, ou seja, a prática mental poderia formar uma representação mais durável e mais flexível em comparação a prática física.

Em estudo mais recente de Debarnot (2010), os participantes foram submetidos a uma primeira sessão de treinamento por meio de prática mental ou prática física da tarefa de movimentos sequenciais de dedos. Após duas horas, metade dos participantes realizou sessão adicional de treino na sequência reversa a inicialmente treinada. Os participantes foram re-

testados após uma noite de sono. Os principais resultados revelaram ganhos de desempenho após a noite de sono para o grupo que realizou a prática mental, isto é, o treinamento adicional da sequência reversa não interferiu no processo de consolidação, em contraste com o grupo que realizou a prática física. Estes resultados indicam que as representações desenvolvidas pela prática mental são menos suscetíveis a interferência retroativa em comparação a prática física.

Tomadas em conjunto, essas evidências têm fortes implicações teóricas e práticas. A prática mental, comparada a prática física, resultaria em representação efetora independente consequente a formação de uma representação (MIA) mais flexível dos requisitos da tarefa. Deste ponto de vista, a prática mental pode ser considerada eficiente, resultando em menos interferência retroativa e maior transferência para segmentos e tarefas não treinadas. Tal fato oferece importantes vantagens para o treino de músicos, atletas e pacientes em reabilitação que estão expostos ao treino de múltiplas tarefas, e que precisam de uma grande capacidade de generalização da aprendizagem para condições não treinadas. Por outro lado, como cada forma de prática desenvolve tipos de representações específicos da tarefa (efetor-dependente e efetor-independente), a combinação entre as mesmas poderia levar ao desenvolvimento de ambos os tipos de representações, fortalecendo o processo de aprendizagem. Ou ainda, poderiam interferir mutuamente no desenvolvimento das representações, prejudicando o processo de aprendizagem.

1.4. Combinação entre a prática física e mental

A despeito das similaridades e diferenças das representações desenvolvidas por meio da prática física (PF) e da prática mental (PM), resultados encontrados em revisões e pesquisas de meta-análise têm concluído que a prática combinada (PC), ou seja, aquela em que parte do treino é realizada mentalmente e outra é realizada fisicamente, e a prática física são mais

efetivas que a prática mental isolada, a qual, por sua vez, é superior à ausência de prática (DENIS, 1985; DRISKELL et al., 1994; FELTZ e LANDERS, 1983)

Estudos mais recentes mostraram que a prática física complementada pela prática mental é superior a prática física isolada (ALLAMI, et al., 2008; LOTZE e HALSBAND, 2006; GUILLOT et al., 2008; WOHLDMANN et al.; 2008, AVANZINO, 2009). Outros demonstraram que a prática combinada é superior a prática física isolada (LAFLEUR, et al., 2002; LACOURSE, et al., 2004; BROUZYNE e MOLINARO, 2005, PAGE, 2009; MALOUIN, et al., 2009; GENTILI, 2010) e finalmente, outros estudos evidenciaram que a prática combinada tem a mesma eficiência que a prática física isolada para a aprendizagem, mas efeitos superiores para a transferência dessa aprendizagem para tarefas semelhantes (OLSSON, et al., 2008).

Olsson, et al. (2008) analisaram o desempenho de adultos jovens na tarefa de digitação antes e após treinamento ao longo de 6 semanas com objetivo de verificar as áreas encefálicas ativadas por meio da prática física, prática mental e prática combinada. Avaliaram o desempenho da sequência treinada e não treinada. Os resultados evidenciaram melhora no desempenho da sequência treinada nos três grupos. No entanto, o grupo de prática combinada obteve o melhor desempenho seguido pelo grupo prática física e posteriormente pelo grupo de prática mental. A transferência do aprendizado analisada por meio da melhora do desempenho da sequência não treinada foi observada apenas no grupo de prática combinada. Os autores sugeriram que a prática física foi necessária para inicialmente estabelecer a representação motora e a habilidade de digitação, e a prática mental possibilitou aprender a incorporar o estímulo visual e associá-lo à resposta motora. Consequentemente, a prática combinada levou à maior flexibilidade que permitiu decompor a sequência não treinada em números associados aos dedos e assim realizar os movimentos na ordem específica para a sequência não treinada.

Quanto ao posicionamento da prática mental na prática combinada (antes ou após a prática física), poucos estudos têm discutido a questão. Dentre eles há resultados em que o posicionamento foi indiferente (GOMES et al., 2012; SCHUSTER et al., 2011; WEINBERG, HANKES e JACKSON, 1991) e resultados em que o posicionamento anterior da prática mental foi mais efetivo (FELTZ e LANDERS, 1983; ETNIER e LANDERS, 1996; ALLAMI et al., 2008; RAISBECK, WYATT e SCHEA, 2012).

Quanto à proporção entre os dois tipos de prática as evidências são contraditórias. Enquanto alguns estudos sugerem que a combinação proporcionada entre prática mental e prática física (THEILER, 1995; ALLAMI, 2008) ou desproporcionada com predomínio da prática mental (75%) é superior a prática física isolada (ALLAMI, 2008), outros indicam que a combinação desproporcionada com predomínio da prática física (66%) é superior a prática física isolada (GOMES, 2012).

Por exemplo, Allami, et al. (2008), investigaram a aprendizagem de uma tarefa de buscar um objeto e inseri-lo em um suporte, em grupos que realizaram prática combinada em diferentes combinações entre o treino físico e mental. Demonstraram que o melhor desempenho foi obtido na condição em que o treino mental antecedeu o físico e em uma proporção de 50 a 75%. Os autores concluem que para obter a máxima eficiência com a prática combinada, o treinamento mental deve conter o mesmo número de repetições do treino físico ou ser maior que este, antecedendo-o.

Em contraste, Gomes et al., (2012) investigaram a aprendizagem de uma tarefa que envolvia o transporte de bolas de tênis em sequenciamento e tempo alvo pré-determinados utilizando a mão não preferencial. Os indivíduos foram divididos em cinco grupos: quatro experimentais (PF, PM, PC iniciada pela física e PC iniciada pela mental) e um controle. A fase de aquisição foi realizada com a prática de 10 tentativas da sequência. O teste de retenção foi

realizado após 24 horas. Cinco minutos após o teste de retenção foi realizado o teste de transferência com 10 tentativas da prática física para um novo sequenciamento. Na fase de aquisição a análise intra-grupo identificou diferença significativa para o grupo prática física, sem diferenças para os demais grupos, assim como a análise entre grupos. Nos testes de retenção, observaram melhor desempenho dos grupos prática física e prática combinada independente da ordem do treino. Nos testes de transferência não encontraram diferença significativa entre os grupos.

Schuster et al., (2011), realizaram criteriosa pesquisa bibliográfica sistemática utilizando 24 bases de dados, cujo objetivo foi identificar as principais características da prática mental e compará-las entre diferentes disciplinas: Educação, Medicina, Música, Psicologia e Desporto. Todas as referências que descreviam intervenções pela prática mental com o propósito de melhorar habilidades motoras, desempenho ou força foram incluídas. Foram inclusos 133 dos 141 estudos selecionados. Os resultados mostraram que na maioria dos estudos os participantes receberam instruções acústicas detalhadas, que em sua maioria eram padronizados e ao vivo. Durante a prática mental, os participantes mantiveram seus olhos fechados e a prática mental foi realizada a partir de uma perspectiva interna com um modo cinestésico. As alterações no conteúdo da prática mental, a duração e dosagem foram reportados em apenas 31 intervenções. Sessões de familiarização antes do início da intervenção da prática mental foram mencionados em apenas 17 estudos. O tempo médio de prática foi de três sessões semanais de 17 minutos (34 tentativas), durante 34 dias. O tempo médio total foi de 178 minutos. A taxa de melhora variou entre 25,5% e 95,5%. A prática mental combinada com a prática física tendeu a ser melhor quando realizada antes ou entre o treino físico da mesma tarefa. Com base nesses resultados os autores concluíram que as principais características das práticas mentais bem sucedidas foram realizadas em sessões individuais, supervisionadas. Características do modelo bem sucedido foram dominantes nos

estudos na área de Psicologia, em intervenções direcionadas para a melhora do desempenho motor, com participantes de 20 a 29 anos de idade, incluindo ambos os gêneros, quando a prática mental foi combinada com a prática física.

1.5. Prática mental em crianças

Embora aos seis anos de vida o encéfalo já tenha alcançado cerca de 90% do seu tamanho na fase adulta, sabe-se que o mesmo continua a apresentar mudanças dinâmicas ao longo da adolescência e na fase adulta jovem (CONEL, 1939 apud CASEY et al., 2005), o que pode explicar diferenças na eficiência em processos mediados pelo sistema nervoso em crianças e adultos (JOHNSON, 2003).

DORFBERGER, ADI-JAPHA e KARNI (2007), investigaram a aprendizagem de movimentos sequenciais de oposição de dedos descrita por Karni (1998), em crianças de 9 a 12 anos e adolescentes de 17 anos. Evidenciaram que a aprendizagem da tarefa nas crianças após sessão única de treino (200 repetições) era menos susceptível a interferência do treino adicional de outra sequência em comparação aos adolescentes. Estes resultados indicaram que desde a infância os processos de consolidação da aprendizagem motora de movimentos sequenciais são eficientes. No entanto, a capacidade de co-consolidar diferentes experiências motoras sucessivas (generalização), diminui após a puberdade, o que sugere que processo de consolidação mais seletivo da aprendizagem se desenvolve após a infância, e leva a uma possível vantagem da infância na habilidade de transferir ganhos entre sequências.

Em estudo posterior, a fim de verificar se a pouca experiência em formação de sequências de movimentos leva a melhora de desempenho predominantemente dos elementos individuais da sequência, os autores investigaram a transferência de aprendizagem da sequência treinada para a sua reversa nos mesmos grupos etários. Os resultados mostraram que os ganhos de desempenho na sequência treinada após sessão única de treino

(200 repetições) foram transferidos da mão treinada para a mão contralateral, não treinada, nos três grupos etários testados. No entanto, houve transferência mínima entre a sequência treinada e a reversa, não treinada, realizada por ambas as mãos, mesmo no grupo de crianças. Assim, os autores concluíram que tanto em crianças como em adultos a aprendizagem de sequências por meio do treino físico envolve o "chunking" e a co-articulação de elementos de movimentos individuais em sequências de movimentos específicos.

Outros estudos que investigaram a aprendizagem motora em crianças e adolescentes demonstraram que o controle antecipatório de preensão e força se desenvolve por vários anos da infância até a adolescência (FORSSBERG, 1992; BLANK 1999). Assim, como a prática mental é baseada na formação do modelo interno antecipatório é importante que se investigue os efeitos dos diferentes tipos de prática para a aprendizagem em crianças.

Revisão de Gabbard (2009), mostrou que crianças de 5 anos já são capazes de criar e usar representações mentais dos movimentos, e que esta habilidade se desenvolve consideravelmente até os 12 anos de idade, sendo aprimorada na adolescência como resultado dos processos de maturação e mielinização sináptica, principalmente em áreas frontais e parietais e suas conexões recíprocas com o cerebelo (CHOUDHURY, 2007).

Skoura et al., (2009) investigaram a eficiência no processo de representação mental de uma tarefa em crianças de 6, 8 e 10 anos e adultos. Os resultados mostraram que as crianças dos dois primeiros grupos apresentavam deficiências em comparação aos adultos, e que estas desapareciam aos 10 anos. O mesmo foi encontrado por Gabbard et al., (2009), que compararam a equivalência temporal entre a execução física e mental de movimentos sequenciais de dedos em crianças de 7 a 11 anos e adultos. Os resultados indicaram que nas três complexidades de tarefas testadas apenas as crianças de 7 anos mostraram uma equivalência inferior aos adultos. Os autores concluíram que a habilidade de representação

mental de movimentos finos de dedos já esta presente em crianças de 7 anos e se aprimora até o final da infância.

Estudo de Asa (2012) comparou os efeitos da prática física e da prática mental sobre a aprendizagem, retenção de curta e longa duração, transferência entre tarefas e transferência intermanual da tarefa motora de movimentos sequenciais de oposição de dedos proposta por Karni (1998). Investigou 36 crianças com idade entre 9 e 10 anos, divididas em 3 grupos: prática mental (PM), prática física (PF), e sem prática, sendo que os dois primeiros realizaram sessão única de treino, com 4 blocos de 600 repetições, de forma mental e física respectivamente. O grupo sem prática realizou tarefa de pintura durante o tempo equivalente ao treino dos demais grupos. Os resultados mostraram que a prática mental proporcionou os mesmos efeitos da prática física sobre a aprendizagem, retenção de curta (4 dias após o treino) e longa duração (28 dias após o treino) e apresentou vantagens sobre a habilidade de transferir a aprendizagem tanto para a sequência reversa de movimentos como para a mão contralateral, não treinada.

Assim, se confrontarmos os resultados obtidos por Dorfberger et al. (2007), que usou a mesma tarefa e não encontrou transferência de aprendizagem entre a sequência treinada e a sequência em ordem inversa, e os resultados do estudo de Asa (2012), que encontrou as mesmas limitações na transferência entre as sequências após a prática física, mas encontrou uma transferência eficiente após a prática mental, é plausível supor que as representações desenvolvidas pela prática mental em crianças também sejam efector-independentes e, portanto mais flexíveis.

1.6. Prática combinada em crianças

Poucos estudos têm investigado a combinação da prática mental com a prática física em crianças. Revisão de Schuster et al. (2011), indicou estudos que obtiveram resultados

positivos com o treino pela prática combinada. De acordo com a idade dos participantes os resultados foram divididos em sete categorias. Dois estudos foram realizados com crianças de até 9 anos (RAPP e SCHODER, 1973, apud SCHUSTER et al., 2011; TAKTEK et al., 2008); 18 com idade entre 10 e 19; 63 com idade entre 20 e 29; 13 com idade entre 30 e 39, 2 com idade entre 40 e 49, 9 com idade entre 50 e 59 e 20 com idade superior a 60. Dos estudos que investigaram a eficiência da prática combinada em crianças (RAPP e SCHODER, 1973, apud SCHUSTER et al., 2011; TAKTEK et al., 2008), a prática mental antecedeu a prática física.

Taktek et al. (2008) investigaram, por meio da tarefa de arremessar uma bola, os efeitos da prática combinada em comparação aos efeitos da prática física isolada na retenção (análise antes e imediatamente após sessão única de treino) e transferência do aprendizado para outra tarefa semelhante em crianças de 8 e 10 anos. Verificaram que durante o treino da tarefa o grupo que realizou a prática combinada, apresentou um desempenho significativamente menor em comparação ao grupo que realizou apenas a prática física. Na avaliação imediatamente após o treino, o grupo que realizou a prática combinada, apresentou desempenho semelhante em comparação ao grupo que realizou apenas a prática física. Essa equivalência demonstrou a eficiência da imaginação motora como estratégia de retenção do aprendizado motor. Em relação à transferência de aprendizado, por meio da análise do desempenho na tarefa de arremesso de uma bola mais pesada em comparação à utilizada no treino, o desempenho do grupo que realizou a prática combinada foi significativamente maior quando comparado ao grupo que realizou apenas a prática física.

Embora realizado com adolescentes com retardo mental, estudo de Hemayattalab (2010), também encontrou efeitos superiores da prática combinada, iniciada pela prática mental, em comparação a prática física e prática mental isoladas.

Em síntese, várias questões ainda precisam ser respondidas para melhorar a compreensão de como a prática mental pode ser utilizada para treinamento em crianças. Em particular, quais as vantagens de associar a prática mental à prática física para facilitar e melhorar a aprendizagem motora de crianças, sendo responder essas questões o principal propósito deste trabalho.

2. JUSTIFICATIVA

Acredita-se que os resultados possam contribuir para a melhor compreensão sobre o processo de aprendizado motor em crianças, por meio da comparação entre prática física, mental e combinada, acrescentando dados sobre os efeitos desta prática em crianças, assim como subsidiar a prática clínica na possibilidade de utilização consciente do treino imaginativo e de qual a melhor forma de associá-lo ao treino físico em pacientes com dificuldades na execução do movimento.

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo geral

O objetivo deste estudo foi comparar os efeitos da prática combinada (iniciada pelo treino mental, seguido pelo treino físico, com distribuição proporcionada entre os mesmos), com os efeitos da prática mental e física isoladas, sobre aquisição, retenção, transferência inter tarefa e inter manual em crianças de 9 a 10 anos. TIRAR???

3.2. Objetivos específicos

1. Comparar o tempo de treinamento despendido com a prática mental, física e combinada.
2. Comparar o desempenho motor da sequência de movimentos de oposição de dedos treinada antes e depois da prática mental, física e combinada.
3. Comparar o desempenho motor da sequência de movimentos de oposição de dedos reversa à treinada antes e depois da prática mental, física e combinada.
4. Comparar o desempenho motor da sequência de movimentos de oposição de dedos treinada na mão contralateral a mão que recebeu treinamento, antes e depois da prática mental, física e combinada.

4. HIPÓTESES

A principal hipótese deste estudo é que a prática combinada poderia potencializar o processo de aprendizagem, proporcionando melhores efeitos sobre o desempenho em comparação a prática mental e prática física isoladas. Esta hipótese se baseia nas evidências da literatura que indicam que prática mental e a prática física desenvolvem diferentes tipos de representações.

Assim, na prática combinada, o treino iniciado pela prática mental permitiria o desenvolvimento de um modelo interno antecipatório independente do efetor e, portanto mais flexível e adaptável seguido pela prática física, que consolidaria o processo na medida em que proporcionaria a realimentação aferente real, mais específica, agregando o componente efetor nas representações inicialmente desenvolvidas pela prática mental.

Assim, a prática combinada poderia somar os benefícios particulares de cada uma das formas de treino, integrando as duas formas de representações, de forma que a aprendizagem e retenção alcançassem a máxima eficiência e a transferência inter-sequencias e inter-manual fosse possível.

5. MÉTODO

5.1. Casuística

Participaram deste estudo, 36 crianças com idade de 9 - 10 anos, divididas em 3 grupos de acordo com o tipo de treinamento: prática mental, prática física, e prática combinada.

Todas as crianças participantes do estudo eram saudáveis, destros, sem histórico de doenças neurológicas, atraso no desenvolvimento neuropsicomotor ou distúrbios de aprendizagem escolar.

O grupo de prática mental (PM) foi composto por 12 crianças com média de idade de $9,9 \pm 0,2$ anos e $4,4 \pm 0,3$ anos de escolaridade sendo 7 meninos e 5 meninas; o grupo de prática física (PF) foi composto por 12 crianças com 6 meninos e 6 meninas, com média de idade de $10 \pm 0,5$ anos e $4,5 \pm 0,4$ anos de escolaridade; o grupo de prática combinada (PC) foi composto por 12 crianças com média de idade de $9,8 \pm 0,2$ anos, e $4,4 \pm 0,2$ anos sendo 7 meninos e 5 meninas, todos destros. Os grupos foram formados aleatoriamente por sorteio.

Este estudo faz parte do projeto aprovado pela Comissão de ética para análise de projetos de pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – HCFMUSP, protocolo número: 648/04 (ANEXO A).

Os responsáveis foram informados quanto aos procedimentos do trabalho e assinaram o Termo de consentimento livre e esclarecido, previamente a coleta de dados.

5.2. Local/Situação

A pesquisa foi realizada em uma escola particular de ensino infantil, fundamental e médio de São Caetano do Sul – São Paulo. As avaliações e treinamentos foram realizados em uma sala da escola e durante o período de coleta permaneciam nela somente o avaliador e a criança.

5.3. Materiais

- Luvas de procedimento hospitalar para revestimento dos dedos dos participantes;
- Fitas adesivas de puro alumínio coladas nas pontas dos dedos, aos quais os cabos eram conectados;
- Cabos de conexão dedos-computador blindados para a transmissão de sinais elétricos entre o polegar (ponto terra) e os demais dedos de registro;
- Computador com um programa previamente desenvolvido para a coleta de dados;

- Fitas de velcro para manter os cabos fixos em posição que não comprometa a tarefa;
- Caneta hidrográfica para identificação dos dedos das mãos;
- Cadeira, na qual o sujeito se ajustava da maneira que lhe fosse mais confortável;
- Mesa, para que o sujeito apoiasse seu membro superior da maneira mais confortável para realizar a tarefa;
- Cabine de papelão que garantia a redução de interferências auditivas e visuais do ambiente.

5.4. Procedimentos

5.4.1. Apresentação da tarefa

A tarefa selecionada para a pesquisa foi uma tarefa de oposição sequencial dos dedos, realizada por ambas as mãos do sujeito, já amplamente utilizada pela literatura em adultos (KARNI et al., 1995 e 1998; KOPCZYNSKI, 2006) e em crianças (DORFBERGER, 2007; PALAZZIN, 2007; SIQUEIRA, 2007; MELO, 2010). O aprendizado de tarefas sequenciais pode ser considerado um elemento chave do comportamento voluntário. Além disso, tem sido sugerido que a habilidade para realizar tarefas sequenciais fornece o embasamento necessário para elaboração do pensamento lógico e da linguagem (HIKOSAKA et al., 1999).

As crianças foram convidadas a participar de uma competição que definiria qual dos alunos conseguiria realizar alguns movimentos com os dedos das mãos o mais rápido e precisamente possível.

Após aceitarem o convite para participarem do estudo e seus responsáveis assinarem o termo de consentimento, as crianças foram convocadas uma a uma para a coleta de dados.

No início, em sessão individual, as crianças foram orientadas que realizariam uma atividade com as mãos, na qual era necessário que utilizassem um par de luvas de procedimento hospitalar com fitas metálicas nas pontas dos dedos que permitiria que um cabo

de conexão fizesse a comunicação entre os dedos e o computador, sem riscos de choques ou injúrias.

Os dedos foram então numerados de um a quatro do indicador ao mínimo, sendo que o polegar, responsável pelas oposições, não recebeu numeração. Sendo assim, o segundo dedo anatômico (“indicador”) foi designado número 1; o terceiro dedo (“médio”), o número 2; o quarto dedo (“anelar”), o número 3 e o quinto dedo (“mínimo”), o número 4 (Figura 3).



Figura 3: Representação da mão direita preparada para o registro de movimentos de oposição dos dedos (Melo, 2010)

As crianças foram motivadas a se empenhar na atividade para “competir” com os demais colegas.

A Figura 4 representa as diferentes fases da pesquisa para os grupos PM, PF e PC.

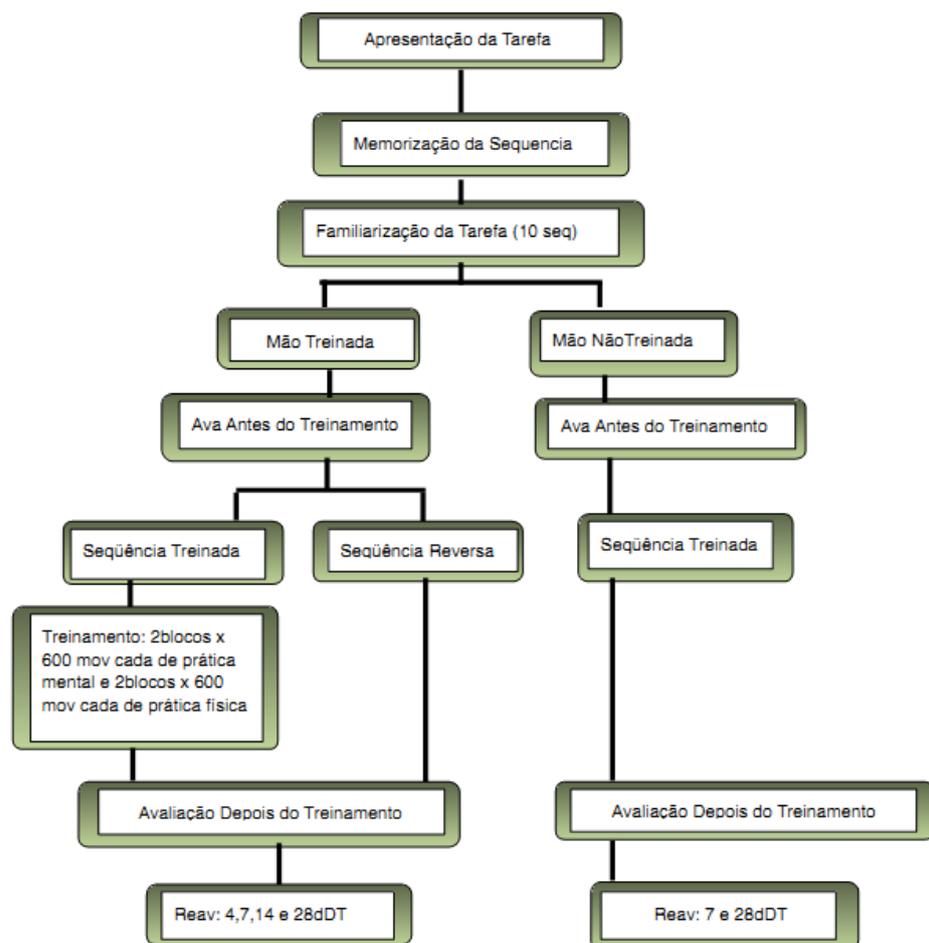


Figura 4- Representação esquemática das diferentes fases do experimento para os grupos PM, PF e PC. AT: antes do treinamento, DT: depois do treinamento, ST: seqüência treinada, SR: seqüência reversa, dDT: dias depois do treinamento

Para a realização das diferentes fases da pesquisa, as crianças permaneceram sentadas em uma cadeira, com o membro superior dominante sobre a mesa, de frente para o experimentador, sem acesso à tela do computador na qual estavam sendo visualizados os registros do experimento.

5.4.2. Memorização das seqüências

As duas seqüências apresentadas aos sujeitos (S1 e S2) eram reversas entre si e compostas por 5 subcomponentes (Tabela 1), sendo apenas o último componente,

representado pelo movimento de oposição do polegar e do quinto dedo, comum às duas sequências (Tabela 2).

Tabela 1- Subcomponentes das sequências 1 e 2

Subcomponentes	Sequência 1	Sequência 2
	$4*1*3*2*4$	$4*2*3*1*4$
Subcomponente 1	$4*1$	$4*2$
Subcomponente 2	$1*3$	$2*3$
Subcomponente 3	$3*2$	$3*1$
Subcomponente 4	$2*4$	$1*4$
Subcomponente 5	$4*4$	$4*4$

Tabela 2 - Submovimentos das sequências 1 e 2

Submovimentos	Sequência 1	Sequência 2
	$4*1*3*2*4$	$4*2*3*1*4$
Submovimento 1	dedo mínimo-indicador	dedo mínimo-dedo médio
Submovimento 2	indicador-anelar	dedo médio-anelar
Submovimento 3	anelar-dedo médio	anelar-indicador
Submovimento 4	dedo médio-dedo mínimo	indicador-dedo mínimo
Submovimento 5	dedo mínimo-dedo mínimo	dedo mínimo-dedo mínimo



Figura 5 - Representação do movimento de oposição do quinto com o primeiro dedo ("4") (Melo, 2010)

Para todos os participantes, primeiro foi apresentada a S1 (Sequencia treinada – ST). Foi apresentado aos sujeitos um cartão contendo a sequência de números a ser memorizada declarativamente, “4-2-3-1-4” (S1/ST). Quando o sujeito considerasse que havia memorizado, avisava ao examinador e após 2 minutos era realizada a verificação da retenção, por meio da repetição declarativa da sequência memorizada.

Após a avaliação antes do treinamento da S1 o mesmo procedimento para a memorização da S2 (sequência reversa - SR) foi realizado, ou seja, foi apresentado aos sujeitos um cartão contendo a sequência de números a ser memorizada declarativamente, “4-1-3-2-4” (S2/SR). Quando o sujeito considerasse que havia memorizado, avisava ao examinador e após 2 minutos era realizada a verificação da retenção, por meio da repetição declarativa da sequência memorizada.

5.4.3. Familiarização da tarefa

Após a certificação de que a sequência foi memorizada, os sujeitos foram orientados a realizar uma prática de 10 repetições da sequência para familiarização com a tarefa com a mão dominante (mão direita).

5.4.4. Avaliação antes do treinamento

Após a familiarização da tarefa, foi dado um descanso de aproximadamente um minuto, sendo então solicitado que executassem com a mão dominante (direita) a sequência previamente memorizada (S1/ST), seguindo o comando verbal de “encostar o dedão em cada um dos dedos, na ordem dos números, 4-2-3-1-4, sempre SEM ERRAR e o mais rápido que conseguir”. Após o registro de 100 movimentos o computador interrompia a coleta.

Após descanso de aproximadamente 2 minutos, solicitou-se que o mesmo procedimento fosse repetido com a mão esquerda.

A seguir, foram realizadas novamente as fases de memorização e familiarização agora com a S2/SR, e a seguir, foi solicitado às crianças que executassem essa sequência com a mão direita seguindo o comando verbal de “encostar o dedão em cada um dos dedos, na ordem dos números, 4-1-3-2-4, sempre SEM ERRAR e o mais rápido que conseguir”. Após o registro de 100 movimentos, o computador interrompia a coleta.

5.4.5. Treinamento

Todos os participantes treinaram apenas a S1/ST que foi, portanto, definida como sequência treinada (ST). A S2/SR foi utilizada como controle da ST, sendo definida como sequência reversa a ST (SR). Todos os participantes treinaram com a mão direita (dominante), sendo esta, portanto definida como mão treinada (MT) e a contralateral como mão não treinada (MNT).

A fase de treinamento foi distinta para cada um dos grupos.

- Grupo prática física: os participantes realizaram o treinamento por meio da execução motora de movimentos sequenciais de dedos com a mão dominante (mão direita). O treino foi composto por 4 blocos de 600 movimentos (120 sequências), totalizando 2.400 movimentos (480 sequências) de oposição de dedos, com intervalo de 2 minutos entre cada um dos blocos. O número de movimentos, assim como o número de erros e de acertos e tempo total de treinamento, foi controlado pelo computador, que interrompia o registro após o total ser atingido. Os sujeitos foram orientados a executar a sequência de movimentos da forma mais acurada e rápida possível (“encostar o dedão em cada um dos dedos, na ordem dos números, 4-2-3-1-4, sempre SEM ERRAR e o mais rápido que conseguir”), sem qualquer outra instrução.

- Grupo prática mental: os sujeitos realizaram o treinamento por meio da imaginação da execução dos movimentos sequenciais de dedos da mão dominante (mão direita). Inicialmente, foi solicitado à criança que fixasse o olhar na mão, a fim de memorizar o número correspondente a cada um dos dedos. Em seguida, a criança era requisitada a fechar os olhos e imaginar a mão com os dedos numerados para, então, imaginar cada um dos movimentos de oposição do polegar em direção aos demais dígitos, seguindo a sequência numérica pré-estabelecida. Assim como antes da avaliação inicial, foram realizadas 10 tentativas para familiarização com a tarefa. Os sujeitos foram então orientados a imaginar a execução da sequência de movimentos da forma mais acurada e rápida possível (“imagine que você está encostando o dedão em cada um dos dedos, na ordem dos números, 4-2-3-1-4”, sempre SEM ERRAR e o mais rápido que conseguir”), sem qualquer outra instrução. Durante o treinamento, as crianças permaneceram com as mãos cruzadas e os dedos entrelaçados (Figura 6), o que proporcionou uma retroalimentação visual invertida da posição dos dedos, dificultando qualquer tentativa de execução do movimento mentalizado, além do examinador manter a supervisão. Todos os sujeitos permaneceram de olhos fechados durante todo o treinamento. O sujeito declarava verbalmente o dedo que estava sendo imaginado em oposição, para controle do total de movimentos e tempo de treinamento pelo pesquisador. Assim como no grupo PF, este grupo realizou 4 blocos de 600 movimentos, totalizando 2.400 movimentos de oposição de dedos, com intervalo de 2 minutos entre cada um dos blocos.



Figura 6 - Representação da posição das mãos durante o treinamento da PM

- Grupo prática combinada: este grupo executou os dois primeiros blocos de 600 movimentos por meio da prática mental e os 2 últimos blocos de 600 movimentos por meio da prática física, seguindo os mesmos procedimentos descritos para os grupos anteriores (grupo prática física e grupo prática mental), totalizando o mesmo número de tentativas e blocos que os grupo de prática física e prática mental.

Todos os sujeitos foram orientados a não executar, nem imaginar a tarefa sequencial de dedos fora das sessões de treinamento e avaliação.

5.4.6. Avaliação depois do treinamento (DT)

Após o treinamento dos grupos PM, PF e PC, foram repetidos os mesmos procedimentos da avaliação antes do treinamento, ou seja, avaliação do desempenho em termos do número de sequências corretas realizadas em 100 movimentos da ST, testadas na MT e MNT, e da SR testada apenas na MT.

5.4.7. Avaliação 4 dias depois do treinamento (4dDT)

Quatro dias após o término do treinamento foi realizada a avaliação do desempenho da ST e SR na MT, seguindo os mesmos procedimentos da avaliação antes do treinamento.

5.4.8. Avaliação 7 e 28 dias depois do treinamento (7dDT e 28dDT)

Sete e vinte e oito dias após o término do treinamento, foi realizada a avaliação do desempenho da ST na MT e MNT, e da SR apenas na MT, seguindo os mesmos procedimentos da avaliação antes do treinamento.

No início de todas as sessões de reavaliação, era garantido que a criança fosse capaz de evocar declarativamente cada uma das sequências.

Em síntese, o desempenho da ST para a MT foi reavaliado DT, 4dDT, 7dDT e 28dDT e para a MNT foi reavaliado DT, 7dDT e 28dDT. Já o desempenho da SR foi reavaliado DT, 7dDT e 28dDT, apenas na MT.

5.5. Análise estatística

Inicialmente, os dados demográficos dos participantes de cada um dos três grupos foram comparados pelo teste t não pareado.

A seguir, o teste de Kolmogorov-Smirnov foi realizado para verificação da normalidade da amostra e o de Levine para checar a homogeneidade e independência dos dados. Então, foi realizada uma primeira ANOVA 3x4 para medidas repetidas para análise do tempo de treinamento (em segundos), considerando-se como fator, os grupos (PF, PM e PC) e como variáveis independentes repetidas, os blocos (BLOCO 1, BLOCO 2, BLOCO 3 e BLOCO 4).

Como medida de desempenho da tarefa, foi utilizado o número de sequências corretas por minuto.

Para a análise da aprendizagem rápida o desempenho da ST foi testado por meio de uma análise de variância (ANOVA) 3x2, considerando-se como fator os grupos (PM, PF e PC), e as avaliações (AT e DT), sendo esta última a medida repetida.

Para a análise da retenção o desempenho da ST foi testado por meio de uma análise de variância (ANOVA) 3x4, considerando-se como fator os grupos (PM, PF e PC), e as avaliações (DT, 4dDT, 7dDT, e 28dDT), sendo esta última a medida repetida.

Para análise da transferência inter-sequencias o desempenho da ST e SR foram testados por meio de uma análise de variância (ANOVA) 3x2x4, considerando-se como fator os grupos (PM, PF, PC), sequência (ST e SR) e as avaliações (AT, DT, 7dDT, e 28dDT), sendo os dois últimos fatores medidas repetidas.

Para análise da transferência intermanual, o desempenho da ST na MT e MNT foi testado por meio de uma análise de variância (ANOVA) 3x2x4, considerando-se como fator os grupos (PM, PF, PC), mão (MT e MNT) e as avaliações (AT, DT, 7dDT e 28dDT), sendo os dois últimos fatores medidas repetidas.

Para todas as interações que alcançaram nível de significância foi aplicado o pós-teste Tukey.

O programa estatístico utilizado foi o Statistica Release 10 e o nível de significância adotado foi de 5%.

6. RESULTADOS

6.1. Análise dos dados demográficos

A tabela 3 apresenta os dados demográficos dos participantes dos grupos de PM, PF e PC. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

Tabela 3: Dados demográficos referentes ao sexo, idade e anos de escolaridade dos grupos PM, PF e PC

	N	Sexo		Idade (anos)		Escolaridade (anos)	
		Masculino	feminino	média	DP	Média	DP
PM	12	7	5	9,9	±0,2	4,4	±0,3
PF	12	6	6	10	±0,5	4,5	±0,4
PC	12	5	7	9,8	±0,2	4,4	±0,2

PM: grupo de prática mental, PF: grupo de prática física, PC: grupo de prática combinada, n: número de participantes, DP: desvio padrão

6.2. Análise do tempo de treinamento (aquisição)

A análise da aquisição foi realizada com base no tempo necessário para completar cada bloco de treinamento por meio da ANOVA para os grupos PM, PF e PC e revelou interação significativa entre blocos e grupo ($F=14,37$, $p=0,00001$, poder observado=0,99). Este resultado foi confirmado pelo pós-teste de Tukey o qual mostrou que os grupos de PM e PF apresentaram melhora significativa da velocidade progressivamente do segundo para o quarto bloco (Tabela 4), enquanto o grupo PC mostrou piora significativa do segundo para o terceiro, momento de transição entre as formas de prática (prática mental-prática física), que se

manteve até o quarto bloco, apresentando desempenho significativamente inferior no último bloco em comparação ao primeiro bloco de treinamento.

Tabela 4 - Médias e desvios-padrão do tempo de treinamento (em segundos) para cada um dos blocos para os grupos PM, PF e PC.

BLOCOS		BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	BLOCO 4
Grupo	N	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)
PM	12	389,13 (±60,5)	363,5 (±106,5)	341,27 (±105,3)*	338,33 (±83,2)**
PF	12	351,56 (±74,1)	310,0 (±71,7)	283,00 (±68,4)**	261,73 (±66,4)***
PC	12	311,00 (±61,56)	261,53 (±39,58)	357,38 (±72,8) [†]	362,46 (±82,3)*

PM: grupo de prática mental, PF: grupo de prática física, PC: grupo de prática combinada, n: número de sujeitos, DP: desvio padrão, *- p<0,05; ** - p<0,005; *** - p<0,0005 (pós teste de Tukey – análise intragrupo em relação ao bloco 1); [†] - p<0,0001 (pós teste de Tukey – análise intragrupo em relação ao bloco 2)

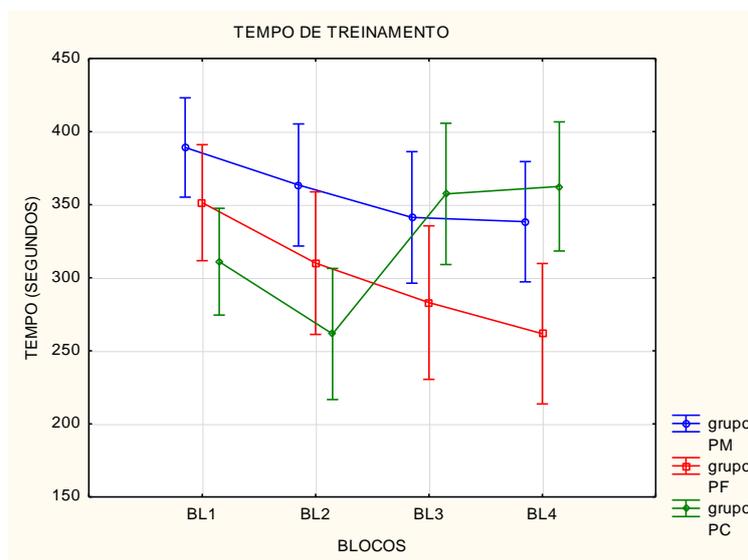


Figura 7 - Tempo de treinamento em segundos, expresso na ordenada, nos blocos de treinamento (BLOCO 1, BLOCO 2, BLOCO 3 e BLOCO 4), expressos na abscissa. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança. A linha azul representa o comportamento do grupo PM e a linha vermelha do grupo PF e a linha verde do grupo PC.

Assim, enquanto a PM e PF proporcionaram melhora progressiva da velocidade ao longo dos blocos, como o esperado, a PC proporcionou melhora inicial entre os dois primeiros blocos, nos quais a forma de prática era mental e, surpreendentemente, a mudança da forma de treino de mental para físico do segundo para o terceiro bloco, levou a piora na velocidade que não se modificou até o final do treino (Tabela 4, Figura 7).

6.3. Análise do desempenho imediatamente após o treino (Aprendizagem Rápida)

A aprendizagem rápida foi avaliada por meio do desempenho (número de sequências corretas por minuto) nas avaliações AT e DT. Lembrando que todos os grupos realizaram estas avaliações nas mesmas condições, ou seja, por meio da execução física.

Para a verificação dos efeitos do treinamento sobre o desempenho da sequência treinada (ST) nos diferentes grupos (PM, PF e PC), foi realizada uma ANOVA que mostrou interação significativa ($F=4,5560$, $p=0,01790$, poder observado=0,88) entre avaliação e grupo, o que indica que cada grupo modificou sua resposta de forma diferente no decorrer das avaliações (Figura 8).

O pós-teste que comparou o desempenho intragrupos entre as avaliações demonstrou que todos os grupos apresentaram melhora após o treinamento, entretanto a comparação intergrupos mostrou que após o treinamento o grupo de PC apresentou desempenho inferior ao grupo de PF (Tabela 5).

Tabela 5: Média e desvio-padrão do desempenho da ST executada pela MT em termos de sequências corretas por minuto, para análise da aprendizagem nos grupos PM, PF e PC.

Grupo	N	AT	DT
		Média (DP)	Média (DP)
PM	12	13,32 ($\pm 4,3$)	23,83 ($\pm 6,2$)**

PF	12	13,71 ($\pm 5,1$)	28,65 ($\pm 8,5$)**
PC	12	12,76 ($\pm 4,7$)	20,36 ($\pm 7,6$)* [†]

PM: grupo de prática mental, PF: grupo de prática física, PC: prática combinada, n: número de sujeitos, DP: desvio padrão, *- $p < 0,001$; ** - $p < 0,0001$ (pós teste de Tukey – análise intragrupo do desempenho da S1 em relação a avaliação AT); [†] - $p < 0,01$ (pós teste de Tukey – análise intergrupo do desempenho da S1 em relação ao grupo PF)

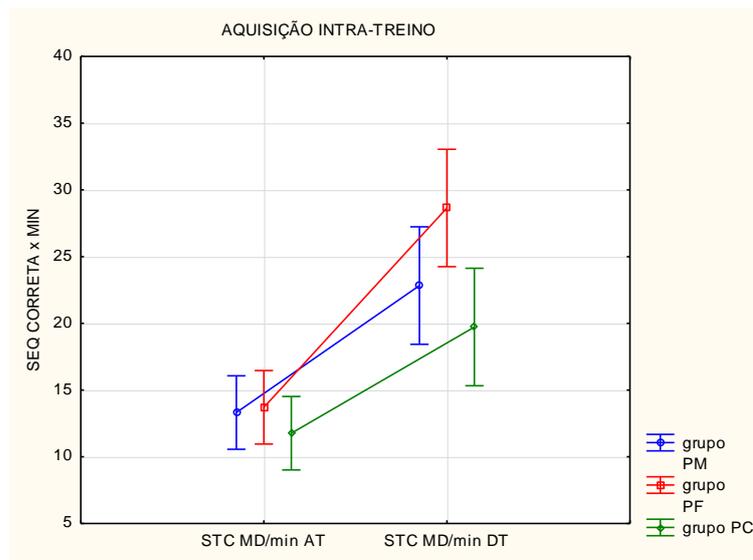


Figura 8: Número de sequências corretas por minuto da sequência treinada (ST), expresso na ordenada, antes (AT) e depois do treinamento (DT), expresso na abscissa. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança. A linha azul representa o comportamento do grupo PM, a linha vermelha do grupo PF e a linha verde do grupo PC.

Assim, a PC proporcionou ao final do treino o mesmo nível de desempenho da PM mas inferior ao obtido pela PF.

6.4. Análise do desempenho após o treinamento (Retenção)

A retenção foi analisada por meio da comparação do desempenho da ST nas avaliações: DT e 4, 7 e 28 dias após o treinamento (Figura 9).

Os dados descritivos da amostra estão apresentados na tabela 6. Foi realizada a ANOVA que evidenciou um efeito significativo apenas para o fator avaliação ($F=8,85$, $p=0,00003$, poder observado=0,9).

O pós-teste que comparou o desempenho entre as avaliações demonstrou que independente de grupo, houve melhora significativa entre a avaliação sete e 28 dias após o término do treino.

Tabela 6: Média e desvio-padrão do desempenho da ST executada pela MT em termos de sequências corretas por minuto, para análise da retenção nos grupos PM, PF e PC.

		DT	4dDT	7dDT*	28dDT* [†]
Grupo	N	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)
PM	12	23,83 ($\pm 6,2$)	25,34 ($\pm 6,4$)	27,72 ($\pm 7,1$)	30,24 ($\pm 8,4$)
PF	12	28,65 ($\pm 8,5$)	30,86 ($\pm 7,3$)	29,44 ($\pm 8,5$)	30,25 ($\pm 7,3$)
PC	12	20,36 ($\pm 7,6$)	22,31 ($\pm 7,3$)	22,69 ($\pm 6,2$)	27,03 ($\pm 8,5$)

PM: grupo de prática mental, PF: grupo de prática física, PC: prática combinada, n: número de sujeitos, DP: desvio padrão *- $p < 0,0001$ (pós teste de Tukey – análise intragrupo do desempenho da ST em relação a avaliação DT);; [†] - $p < 0,01$ (pós teste de Tukey – análise intragrupo em relação a avaliação 4dDT)

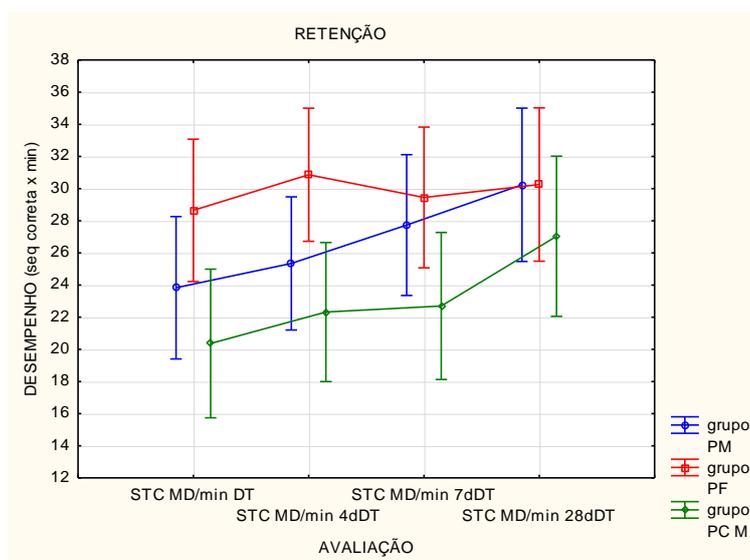


Figura 9: Número de sequências corretas por minuto da sequência treinada (ST), expresso na ordenada, nas avaliações depois do treinamento (DT, 4dDT, 7dDT, 28dDT), expresso na abscissa. As

barras verticais representam 95% do intervalo de confiança. A linha azul representa o comportamento do grupo PM, a linha vermelha do grupo PF e a linha verde do grupo PC.

Assim, a PC proporcionou os mesmos níveis de retenção obtidos pela PF e PM, com ganhos adicionais tardios.

6.5. Transferência do desempenho da ST para a SR (Transferência inter-tarefas)

A transferência inter-tarefas foi analisada por meio da comparação do desempenho da sequência treinada (ST) e sequência reversa (SR), ou seja, de uma nova sequência que não recebeu treinamento (Figura 10).

Para a verificação dos efeitos do treinamento da sequência treinada (ST) sobre sua reversa (SR), foi realizada a ANOVA para o desempenho da ST e da SR nas avaliações AT, DT, 7dDT e 28 dDT, que mostrou interação significativa entre os fatores sequência, avaliação e grupo ($F=3,1413$, $p=0,007$, poder observado=0,9), indicando que conforme a sequência, os grupos modificaram seu desempenho no decorrer das avaliações. O pós-teste comparou o desempenho inter sequência para cada um dos grupos e mostrou que o grupo PC, de forma similar ao grupo de PM, manteve o mesmo desempenho para a SR em comparação a ST mesmo após o treinamento, enquanto o grupo de PF manteve desempenho inferior para a SR em comparação a ST nas avaliações após o treino (Tabela 7).

Tabela 7: Média e desvio-padrão do desempenho da SR executada pela MT em termos de sequências corretas por minuto, para análise da transferência.

		Sequência	AT	DT	7Ddt	28Ddt
Grupo	N		Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)
PM	12	SR	15,35(±3,7)	19,41 (±5,8)	24,95 (±5,0)***	25,35 (±7,9)***

PF	12	SR	15,98 ($\pm 5,5$)	15,02 ($\pm 7,6$) [†]	18,94 ($\pm 6,3$) ^{***} †	23,36 ($\pm 6,7$) ^{*††}
PC	12	SR	13,91 ($\pm 5,5$)	16,64 ($\pm 8,7$)	21,92 ($\pm 5,6$) ^{**}	23,42 ($\pm 6,6$) ^{***}

PM: grupo de prática mental, PF: grupo de prática física, PC: grupo de prática combinada, n: número de sujeitos, DP: desvio padrão, *- p<0,005, **- p<0,001, ***- p<0,0001 (pós-teste de Tukey – análise intragrupo do desempenho para SR em relação a avaliação AT); †- p<0,0001; ††- p<0,005(pós-teste de Tukey- análise intragrupo do desempenho da SR em relação à ST).

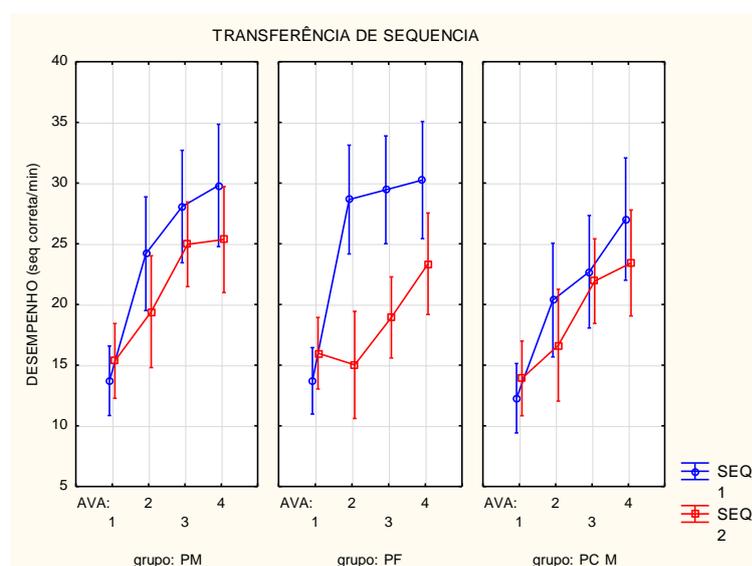


Figura 10 - Número de seqüências corretas por minuto das ST e SR, expresso na ordenada, antes (AT) e depois do treinamento (DT, 7dDT e 28dDT), expresso na abscissa para os grupos PM, PF e PC. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança. A linha azul representa o desempenho encontrado na execução da ST e a linha vermelha, o desempenho encontrado com a SR.

Assim, a PC permitiu a transferência do desempenho obtido por meio do treino da ST para a SR de forma similar a PM, mas superior a PF.

6.6. Transferência do desempenho da ST para a mão não treinada (Transferência inter-manual)

Para a verificação dos efeitos do treinamento sobre o desempenho da sequência treinada (ST) nas avaliações AT, DT, 7dDT e 28 dDT, executado com a mão não treinada nos diferentes grupos (PM, PF e PC) foi realizada a ANOVA que evidenciou interação significativa

entre mão, avaliação e grupo ($F=3,41$ $p=0,004$, poder observado=0,9) (Figura 11). O pós-teste que comparou o desempenho entre as mãos intra-grupo evidenciou que o grupo de PC, da mesma forma que o grupo de PM, manteve o mesmo nível de desempenho na MNT em comparação a MT, mesmo após o treino. O grupo de PF apresentou desempenho inferior para a MNT em comparação a MT após o treino (Tabela 8).

Tabela 8: Média e desvio-padrão do desempenho da ST executada pela MNT em termos de sequências corretas por minuto, para análise da transferência inter-manual.

		Mão	AT	DT	7dDT	28dDT
Grupo	n		Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)
PM	12	MNT	11,01 ($\pm 3,7$)	20,52 ($\pm 5,4$)*	22,75 ($\pm 6,1$)**	27,35 ($\pm 5,6$)**
PF	12	MNT	11,17 ($\pm 5,8$)	15,45 ($\pm 7,0$) [†]	18,80 ($\pm 7,4$)* [†]	21,70 ($\pm 5,9$)* [†]
PC	12	MNT	10,48 ($\pm 4,8$)	16,03 ($\pm 7,2$)*	16,01 ($\pm 8,0$)**	25,31 ($\pm 7,9$)**

PM: grupo de prática mental, PF: grupo de prática física, PC: grupo de prática combinada, n: número de sujeitos, DP: desvio padrão, * $p < 0,0005$; ** - $p < 0,0001$ (pós teste de Tukey – análise intragrupo do desempenho da ST em relação a avaliação AT); [†] - $p < 0,0001$ (pós teste de Tukey – análise intragrupo do desempenho da ST para MNT em relação a MT)

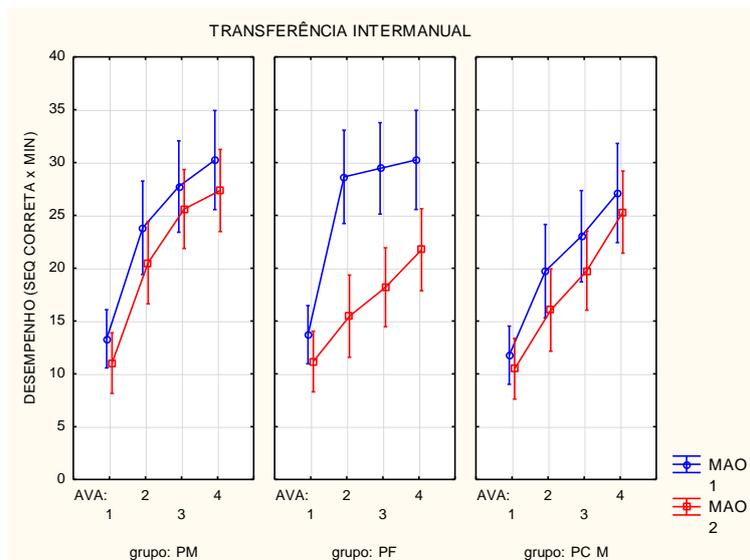


Figura 11 - Número de sequências corretas por minuto da ST realizada com a MT e MNT, expresso na ordenada, antes (AT) e depois do treinamento (DT, 7dDT e 28dDT), expresso na abscissa para os grupos PM, PF e PC. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança. A linha azul representa o

desempenho encontrado na execução da ST com a MT e a linha vermelha, o desempenho encontrado com a MNT

Assim, a PC proporcionou a transferência do desempenho obtido pelo treino de uma mão para a contralateral de forma tão eficiente quanto a PM, e superior a PF.

7. DISCUSSÃO

O presente estudo comparou os efeitos da prática combinada sobre a aquisição, retenção, transferência entre tarefas e inter-manual de uma habilidade envolvendo movimentos sequenciais de oposição de dedos em crianças de 9 e 10 anos.

A principal hipótese foi que a prática combinada poderia potencializar o processo de aprendizagem, melhorando os efeitos do treino. Isto ocorreria porque, após a elaboração de um modelo interno antecipatório para a tarefa ser desenvolvido pela prática mental, flexível e independente do efector, a prática física consolidaria o processo proporcionando a realimentação aferente real e específica, agregando as representações efectoras ao modelo previamente desenvolvido pela prática mental.

Assim, a prática combinada poderia integrar os benefícios particulares de cada uma das formas de treino, trazendo vantagens para a aprendizagem e retenção, que segundo vários estudos, são superiores na prática física, mas permitindo também uma boa transferência inter-sequências e inter-manual, para as quais a prática mental proporcionaria melhores resultados.

Os resultados do presente estudo não confirmaram esta hipótese. Ao contrário do esperado (1) a prática combinada não mostrou nenhum efeito superior em comparação à prática mental isolada e (2) a prática combinada mostrou efeitos superiores em comparação à prática física para a transferência inter-sequências e inter-manual.

Mais interessante que os resultados pré e pós-treino, foram os resultados intra-treino, pelos quais foi observada uma grande perturbação do desempenho na transição da prática mental para a prática física, que se manteve até o final do treino. O desempenho final das crianças que treinaram dessa forma foi pior ao do início do treino.

Assim, desprendem-se deste estudo três importantes evidências: (1) crianças foram capazes de aprender a tarefa por meio dos três tipos de prática; (2) a prática mental, combinada ou não com a física, foi mais eficiente para a transferência e (3) a combinação da prática mental e física não potencializou a aprendizagem em crianças.

7.1. A eficiência da prática mental combinada ou não com a física para a aprendizagem de crianças

A primeira evidência destacada no presente estudo é que crianças são capazes de aprender e reter essa aprendizagem por até 28 dias após o final do treino por meio das três formas de prática (física, mental e da combinação entre as mesmas).

Embora a prática combinada tenha proporcionado efeitos imediatos inferiores a prática física, já na avaliação 4 dias após o término do treino, bem como nas avaliações subsequentes, essa diferença desapareceu. A melhora de desempenho tardia, observada após 7 dias do término do treino e mantida até a avaliação final, 28 dias após o treino, também foi similar para as três formas de prática. Assim, a prática mental, associada ou não a prática física, foi eficiente para melhorar o desempenho motor de crianças de 9 - 10 anos.

Dos poucos estudos encontrados sobre os efeitos da prática mental combinada ou não com a prática física em crianças abaixo de 12 anos (RAPP e SCHODER, 1973, apud SCHUSTER et al., 2011; TAKTEK et al., 2004), nenhum deles investigou (1) tarefas sequenciais, que são parte importante do repertório motor humano; (2) os efeitos das três formas de treino – mental, físico e combinado - o que impede conclusões diretas sobre qual forma seria mais eficiente para esse grupo etário; (3) os efeitos de longa duração (28 dias após o treino), o que é particularmente importante para aplicação deste conhecimento em áreas como música, esporte e reabilitação, nas quais se buscam resultados de longa duração, mediado por memórias motoras bem consolidadas.

Desta forma, acreditamos que a evidência de efeitos positivos e similares, de curta e longa duração, em uma tarefa sequencial em crianças de 9 - 10 anos, obtidos pelas três formas de prática, seja uma contribuição importante e inédita no assunto, indicando que, a despeito das diferenças maturacionais e funcionais do sistema nervoso de crianças dessa faixa etária (GABBARD, 2009), elas já são capazes de se beneficiar do treino mental.

O modelo aqui proposto para explicar a melhora do desempenho pela prática mental baseia-se no conceito de Modelo Interno Antecipatório. Segundo este modelo, representações neurais dos movimentos seriam desenvolvidas ou aperfeiçoadas com base nas informações sobre as propriedades biomecânicas do corpo, do ambiente e de suas interações. Estas, já estariam armazenadas por experiências prévias, e seriam integradas com as informações sensoriais do estado atual do organismo para permitir a projeção da relação causal entre um comando motor e suas consequências perceptivas em função do estado atual, da tarefa e do contexto (TIAN e POEPPEL, 2012).

Assim, com base nas evidências deste estudo, pode-se hipotetizar que crianças de 9 - 10 anos já seriam capazes de desenvolver por meio da prática mental controle motor prospectivo eficiente, o que indica que as representações internas armazenadas e as funções neurais envolvidas já seriam suficientes para garantir o sucesso na consolidação de um Modelo Interno Antecipatório independente da realimentação sensorial decorrente da execução do movimento.

Choudhury (2007) comparou os efeitos da prática mental entre adolescentes (idade média 13.3 anos) e adultos e concluiu que a habilidade de desenvolver modelos internos por meio da imaginação já estava presente na adolescência, mas continuaria sendo refinada até a idade adulta devido à maturação do córtex parietal. Outro estudo que comparou a eficiência em imaginar uma tarefa sequencial de oposição de dedos entre crianças de 7 e 11 anos e

adultos, encontrou diferenças apenas entre as crianças de 7 anos e adultos, indicando que crianças de 9 e 11 anos de idade seriam tão eficientes quanto os adultos na habilidade de imaginar movimentos finos (GABBARD, 2009).

Embora tenha analisado apenas os efeitos da prática física, estudo de Dorfberger (2007) investigou a mesma tarefa realizada no presente estudo, testada após sessão única de treino com um número menor de repetições (200 sequências), quando comparada ao treino aqui proposto (480 sequências) em crianças de 9, 12 e 17 anos. Os resultados evidenciaram ganhos significativos na velocidade e acurácia sem diferenças entre os grupos.

Assim, embora o presente estudo não tenha incluído indivíduos adultos, a similaridade entre os efeitos obtidos pela prática mental, seguida ou não da prática física, sugere que crianças da faixa etária estudada já são capazes de desenvolver Modelos Internos Antecipatórios por meio da prática mental, tão eficientes quanto aos desenvolvidos pela prática física.

7.2. *A prática mental combinada ou não com a física favorece a transferência da aprendizagem em crianças*

A segunda importante evidência que se depreende deste estudo é que a prática mental isolada ou seguida pela prática física é mais eficiente que a prática física isolada para a transferência entre tarefas e inter-manual.

Os resultados do presente estudo mostraram claramente que após a prática mental, seguida ou não pela prática física, o desempenho de uma nova sequência, reversa a treinada, apresentou melhora proporcional a sequência treinada, o que garantiu que o desempenho de ambas as sequências se mantivesse no mesmo nível após o treinamento de uma delas. O mesmo pode ser observado no desempenho da sequência treinada quando executado pela

mão contralateral a treinada: houve uma melhora proporcional à obtida pela mão treinada, o que permitiu que ambas mantivessem um desempenho similar mesmo após o treino de apenas uma delas. Tomados em conjunto, esses resultados são uma forte evidência que a prática mental favorece a transferência inter-sequências e inter-manual.

O fato do mesmo não ter sido observado após a prática física, ou seja, após o treinamento da sequência com uma das mãos, o desempenho para a sequência e mão treinada se tornaram e se mantiveram superior ao da sequência reversa e da mão contralateral, não treinada. Isto pode ser tomado como evidência que a prática física permite apenas uma transferência parcial da aprendizagem.

Embora alguns estudos tenham encontrado o mesmo nível de transferência por meio da prática física e mental como, por exemplo, o de Gentili (2000), que encontrou níveis de eficiência semelhantes para a transferência da aprendizagem de uma tarefa para o campo de trabalho oposto ao treinado, concluindo que as duas formas de treinamento (físico e mental) são eficientes para a generalização da aprendizagem e o de Nyberg (2006), que também encontrou níveis similares de transferência da aprendizagem de uma sequência treinada para outra não treinada após a prática física e mental, há algumas hipóteses que sustentam que a aprendizagem por meio da prática mental seja de fato mais flexível.

Estudos com macacos e humanos em uma tarefa sequencial de pressionar botões sugeriram que a aprendizagem de sequências envolveria dois tipos de representações: (1) “representações independentes do efector” as quais seriam adquiridas nas fases iniciais do treino e envolveriam predominantemente a organização serial dos componentes das sequências e (2) “representações dependentes do efector”, consolidadas nas fases mais tardias do processo de aprendizagem, que envolveriam a relação de cada um dos componentes das sequências com o seu efector (HIKOSAKA, 2002). Esta hipótese foi confirmada pelo estudo de

Bapi (2000), que testou a mesma tarefa em humanos e encontrou diferenças no tempo de resposta entre as condições que exigiam diferentes efetores para a mesma sequência ou mesmos efetores para diferentes sequências (HIKOSAKA, 2002). Isto foi tomado como uma evidência que as representações independentes do efector se desenvolvem nas fases iniciais do processo de aprendizagem e, com a continuidade do treino, as representações dependentes do efector são formadas.

Bapi (2006) investigou as áreas corticais e subcorticais ativadas em cada uma das fases da aprendizagem do mesmo tipo de tarefa que o seu estudo acima descrito, por meio de ressonância magnética funcional. Seus resultados mostraram que diferentes redes corticais e subcorticais são ativadas nos diferentes estágios da aprendizagem de sequências, o que suporta a hipótese de dois tipos de representações: independente do efector (visuo-espaciais) e dependentes do efector (sensório-motoras).

A hipótese que sequências de movimentos poderiam ser aprendidas de forma dependente ou independente dos efetores foi incorporada ao conceito de Modelo Interno.

WOHLDMANN (2008), com base nos resultados que mostraram que a prática mental permitiu uma melhor transferência de aprendizagem entre duas diferentes configurações da tarefa em comparação a prática física, propôs como hipótese que a prática mental, como não envolve a execução e realimentação sensorial conseqüente à mesma, desenvolve representações independentes do efector, mais flexíveis, enquanto a prática física desenvolve predominantemente representações dependentes do efector e, portanto, menos flexíveis.

Kuhtz-Buschbeck (2003), por meio da comparação dos circuitos neurais ativados por meio da prática física e mental de movimentos de dedos simples e complexos, com a mão dominante e não dominante, mostrou que as redes neurais ativadas durante a prática mental

coincidem com as associadas à formação de representações independentes do efector, reforçando a hipótese de Wohldmann (2008).

Evidências que as tarefas aprendidas por meio da prática mental sofrem menor efeito de interferência retroativa (prejuízos dos movimentos anteriormente treinados pela execução de novos movimentos), reforçaram a hipótese que este tipo de prática fortalece as representações independentes do efector e não envolvem representações efectoras específicas, enquanto a prática física desenvolve tanto representações dependentes quanto independentes do efector (WOHLDMANN, 2008; DEBARNOT, 2010).

Assim, os resultados do presente estudo podem ser considerados uma evidência importante e inédita que a aprendizagem de crianças por meio da prática mental seguida ou não pela prática física desenvolve um modelo interno com representações independente do efector e, portanto mais facilmente transferíveis para uma nova sequência ou para a mão contralateral a treinada.

7.3. A combinação da prática mental e física não potencializa a aprendizagem em crianças

A terceira, e mais intrigante evidência deste estudo é que, ao contrário do esperado, a prática mental que antecedeu a prática física, ao invés de potencializar os seus efeitos, perturbou. Mais que isso, a partir da premissa que a prática mental favorece a transferência porque desenvolve representações independentes do efector e que, no presente estudo, a prática combinada mostrou a mesma eficiência que a prática mental para a transferência inter-sequências e inter-manual, é plausível afirmar que as representações predominantemente desenvolvidas por meio da prática combinada são semelhantes as da prática mental isolada.

A análise do tempo necessário para concluir os quatro blocos de treino mostrou que, como os demais grupos, houve aumento da velocidade dos movimentos entre o primeiro e o segundo bloco. Entretanto, enquanto os demais grupos apresentaram melhora progressiva na velocidade, as crianças que realizaram a prática combinada, ao passar da prática mental para a prática física, apresentaram redução importante da velocidade, que não se reverteu com a continuidade do treino.

Surpreendentemente, isto fez com que as crianças deste grupo terminassem o último bloco com velocidade de movimentos menor do que no início do treino. Isto pode ser tomado como evidência que a mudança na forma de prática perturbou o início do processo de aprendizagem.

Ao contrário do proposto por alguns trabalhos (ALLAMI, 2008; CAHN, 2008) que a prática combinada poderia reforçar as duas formas de representações; ou seja, aprimoraria a representação independente do efector desenvolvida pela prática mental inicial e, seguida pela execução e realimentação sensorial da prática física, ativaria as diferentes redes neurais envolvidas nos dois tipos de prática (OLSSON, 2008), nossa hipótese é que, as representações desenvolvidas inicialmente pela prática mental, ainda não completamente consolidadas, foram perturbadas pela prática física consecutiva. Isto explicaria tanto o comportamento intra-treino, como o desempenho inferior após a prática combinada na avaliação imediatamente após o treino.

Provavelmente, após a consolidação do modelo interno antecipatório (MIA), na avaliação 4 dias após o treinamento, esse prejuízo desapareceu e as representações independentes do efector, desenvolvidas pelos primeiros dois blocos de prática se fortaleceram, o que explica que os níveis de transferência obtidos pela prática mental e combinada tenham sido os mesmos.

Se interpretarmos os resultados do presente estudo pelo Modelo Interno Antecipatório proposto por Tian (2012) poderíamos supor que durante os dois primeiros blocos de treino pela prática mental, o modelo interno antecipatório foi desenvolvido exclusivamente pelas estimativas sensoriais resultantes da simulação motora. Ao passar para os blocos de prática física, a realimentação sensorial real e mais específica decorrente da execução física do movimento pode ter gerado um conflito com as informações sensoriais estimadas pela prática mental, perturbando o aperfeiçoamento do modelo interno antecipatório inicialmente desenvolvido. Se considerarmos as evidências que a prática física e mental estão associadas à atividade de diferentes regiões do encéfalo (NYBERG, 2006), a mudança de uma forma de prática para outra pode ter perturbado a atividade neural residual da prática anterior, o que também pode ter prejudicado o processo de aprendizagem.

Assim, a principal evidência deste trabalho fortalece a hipótese que as representações desenvolvidas por meio da prática física e mental são diferentes, sendo a primeira efetor-dependente e menos flexível e a segunda efetor-independente e mais flexível, e sugerem que a mudança de uma forma de prática para outra na mesma sessão de treino podem interferir na consolidação de um Modelo Interno Antecipatório eficiente, prejudicando a aprendizagem rápida da tarefa. Este prejuízo desaparece com o processo de consolidação da aprendizagem.

No presente estudo, essa evidência só pode ser observada porque investigamos no mesmo grupo de crianças os efeitos das três formas de prática. Foram avaliados não só o desempenho em diferentes intervalos após o treino, como também a transferência inter-sequências e inter-manual e mais importante, o desempenho durante o treino no qual houve a transição das formas de prática.

Isto poderia explicar o confronto dos nossos resultados com os diversos estudos anteriores em adultos e crianças (GOMES, et al., 2012; SCHUSTER, 2011) que encontraram

resultados superiores para a prática combinada em comparação a física ou mental isoladas. A maioria desses estudos, além da falta de uniformidade entre os métodos, não observaram de forma ampla os efeitos do treino ou o desempenho durante o treino, especialmente na transição entre as duas formas de treino.

Outra hipótese que poderia ser levantada para explicar os presentes resultados seria baseada em estudos que mostraram que formas de prática mais variáveis prejudicam o desempenho imediato, mas são mais eficientes na retenção e transferência (BRADY, 1998; STEA-MARIE, 2004; ROWLAN e SHANKS, 2006; Sá, 2007). Dentre os resultados dos testes de retenção do presente estudo, não foi encontrada evidência que a prática combinada foi superior a prática mental ou física isolada. Já nos testes de transferência, a prática combinada, embora tenha sido superior a prática física, foi similar a prática mental isolada, na qual não houve variação no contexto do treino. Assim, essa hipótese não pode ser sustentada pelos presentes resultados.

Para reunir mais evidências para as hipóteses apresentadas seria importante investigar se o mesmo perfil de resultados poderia ser encontrado em adultos, nos quais os processos maturacionais estruturais e funcionais já estão finalizados, sendo esta uma limitação deste estudo.

Outro importante aspecto a ser investigado em estudos futuros a fim de testar a hipótese apresentada é como a ordem das práticas pode interferir nos efeitos da prática combinada sobre a aprendizagem, retenção e transferência. Como no presente estudo a ordem das práticas foi a mesma para todos os participantes que realizaram a prática combinada, esta pode também ser considerada uma limitação do estudo.

7.4. Implicações práticas

A primeira importante implicação prática do presente estudo é que crianças de 9 - 10 anos são capazes aprender uma habilidade motora por meio de sessão única de prática mental seguida ou não pela prática física de forma duradoura. Isto é particularmente importante em áreas como música, esporte e reabilitação, nas quais se buscam resultados de longa duração, mediado por memórias motoras bem consolidadas.

Nessas áreas, tão importante quanto à forma como a tarefa será apreendida, e daí a necessidade de se buscar o esclarecimento sobre qual a melhor forma, é se haveriam diferenças na retenção da aquisição em função do tipo de treino realizado. Isto porque o sujeito (músico, esportista, paciente) busca uma aquisição que deve ser estável e se manter mesmo que a quantidade de prática seja diminuída.

Para a reabilitação essas implicações são particularmente relevantes. Ao considerarmos uma criança com dificuldade para a execução do movimento (seja ela conseqüente a desordem do Sistema Nervoso, do Sistema Músculo-esquelético, ou de ambos), teremos um prejuízo da realização do treino físico, o qual em algumas situações poderá estar impossibilitado, como no caso das plegias. Assim, a possibilidade de treinar o movimento / a tarefa motora por meio da prática mental isoladamente ou associada ao treino físico sempre que possível, torna-se uma grande possibilidade terapêutica para a melhora funcional deste paciente e manutenção do ganho conforme observado nos resultados para a retenção.

A segunda importante implicação prática deste estudo é que a prática mental seguida ou não pela prática física pode ser vantajosa em comparação a prática física isolada para o treinamento de tarefas que demandem grande necessidade de transferência para contextos diferentes aqueles treinados. O desempenho ideal de músicos e esportistas dependem da habilidade dos mesmos transferirem as tarefas treinadas para outros contextos. Em

reabilitação ocorre o mesmo. O treino realizado no contexto terapêutico deve ser transferido para outros contextos, quer seja outros ambientes ou tarefas similares a treinada.

8. CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo permitem concluir que a prática combinada não mostrou vantagens em comparação a prática física ou mental isoladas para a aprendizagem e retenção da tarefa de oposição sequencial de dedos em crianças de 9 - 10 anos.

Entretanto, mostrou-se mais eficiente que a prática física isolada para a transferência inter-sequências e inter-manual, alcançando a mesma eficiência da prática mental isolada.

Assim, as três formas de prática foram igualmente eficientes para a aprendizagem e retenção de movimentos sequenciais e a prática mental, combinada ou não com a prática física foi mais eficiente que a prática física isolada para a transferência inter-sequências e inter-manual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAMI, N.; PAULIGNAN, Y.; BROVELLI, A.; BOUSSAOUD, D. Visuo-motor learning with combination of different rates of motor imagery and physical practice. **Experimental Brain Research**, v.184, p. 105-113, 2008.
- ASA, S.; PIEMONTE, M.E.P. **Aprendizado motor em crianças: comparação entre prática física e mental**, 2012. 100p. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- AVANZINO, L.; GIANNINI, A.; TACCHINO A.; PELOSIN, E.; RUGGERI P.; BOVE, M. Motor imagery influences the execution of repetitive finger opposition movements. **Neuroscience Letters**, v.466, p.11–15, 2009.
- BAPI, R.S.; MIYAPURAN, K.P.; GRAYDON, F.X.; DOYA, K. fMRI investigation of cortical and subcortical networks in the learning of abstract and effector-specific representations of motor sequences. **Neuro Image**, v.32, p.714-727, 2006.
- BENSAFI, M., et al. Olfactomotor activity during imagery mimics that during perception. *Nature*, v.438, p.120-125, 2003.
- BLANK, R.; HEIZER, W.; VON VOSS, H. Externally guided control of static grip forces by visual feedback-age and task effects in 3 to 6-year old children and in adults, **Neurosci. Lett.**v. 271, p. 41-44, 1999.
- BOURGEOIS, J.; COELLO, Y. Role of inertial properties of the upper limb on the perception of the boundary of personal space. **Psychol. Fr.** V.54, p.225–239, 2009.
- BRADY, F. A theoretical and empirical review of the contextual interference effect and the learning of motor skills. **Quest** v.50, p.266-293, 1998.
- BROUZIYNE, M.; MOLINARO, C. Mental imagery combined with physical practice of approach shots for golf beginners. **Perceptual and Motor Skills**, v.101, p.203-211, 2005.
- CAHN, D. The effects of varying ratios of physical and mental practice, and task difficulty on performance of a tonal pattern. **Psychology of Music**, Thousand Oaks, v.36, p.179-91, 2008.
- CASEY, B.J.; TOTTENHAM, N.; LISTON, C.; DURSTON, S. Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? **Trends in Cognitive Sciences**, v. 9, n. 3, p. 104-110, 2005.
- CHOUDHURY, S.; CHARMAN, T.; BIRD, V.; BLAKEMORE, S.J. Adolescent development of motor imagery in a visually guided pointing task. **Conscious Cog.**, v.16, p.886-896, 2007.

DEBARNOT, U.; MALEY, L.; ROSSI, D.; GUILLOT, A. Motor interference does not impair the memory consolidation of imagined movements. **Brain and Cognition**, v. 74, n.1,p. 52-57, 2010.

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

DECHEC, P.; MERBOLDT, K.D.; FRAHM, J. Is the human primary motor cortex involved in motor imagery? **Cognitive Brain Research.**, v.19, p.138-144, 2004.

DENIS, M. Visual imagery and the use of mental practice in the development of motor skills. **Canadian Journal of Applied Sports Sciences**,v. 10, p. 4-6, 1985.

DICKSTEIN, R.; DEUTSCH, J.E. Motor imagery in physical therapist practice. **Phy. Ther.**, v.87, p.942-953, 2007.

DORFBERGER, S.; ADI-JAPHA, E.; KARNI, A. **Reduced susceptibility to interference in the consolidation of motor memory before adolescence.** Public Library of Science One, v.2, i.2, e.240, 2007.

DRISKELL, J.C.; COPPER, C.; MORAN, A. Does mental practice enhance performance? **J Appl Psycho.l**, v. 79, p.481-192, 1994.

ETNIER, J.L.; LANDERS,D.M. The influence of procedural variables on the efficacy of mental practice. **Sport Psychol.**, v.10, n.1, p.48-57, 1996.

FELTZ, D.L.; LANDERS, D.M. The effects of mental practice on motor skill learning and performance: a meta-analysis. **J. Sport Psychol.**, v.5, p.25-57, 1983.

FORSSBERG, H.; KINOSHITA, H.; ELIASSON, A.C.; JOHANSSON, R.S.; WESTLING, G.; GORDON, A.M. Development of human precision grip, II. Anticipatory control of isometric forces targeted for object's weight. **Exp. Brain Res.**, v. 90, p. 393-398,1992.

GABBARD, C. Studying action representation in children via motor imagery. **Brain and Cognition**, v.71. p. 234-238-9, 2009.

GENTILI, R.; PAPAXANTHIS, C.; POZZO, T. Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice. **Neuroscience**, v. 137, p. 761-772, 2008.

GOMES, T.V.B.; COELHO, H.U.R; MARINHO, N.F.S.; FONSECA, F.S.; BENDA, N.. Efeitos do posicionamento e quantidade de prática mental na aprendizagem do arremesso do dardo de salão. **Motriz**, v.18 n.2, p.273-279, 2012.

GUILLOT, A; COLLET, C.; NGUYEN, V.A.; MALOUIN, F. et al. Functional neuroanatomical networks associated with expertise in motor imagery. **NeuroImage**, v. 41, n. 4, p. 1471-1483, 2008.

HASHIMOTO, R.; ROTHWELL, J.C. Dynamic changes in corticospinal excitability during motor imagery. **Experimental Brain Research**, v.125, p.75-81, 1999.

HELENE, A.F.; XAVIER, G.F. Working memory and acquisition of implicit knowledge by imagery training, without actual task performance. **Neuroscience**, v. 139, p. 401-413, 2006.

HEMAYATTALAB, R.; MOVAHEDI, A. Effects of different variations of mental and physical practice on sport skill learning in adolescents with mental retardation. **Research in Developmental Disabilities**, v.31, p.81-86, 2010.

HIKOSAKA, O.; NAKAMURA, K.; SAKAI, K.; NAKAHARA, H. Central mechanisms of motor skill learning. **Curr. Opin. Neurobiol.**, v. 12, p.217 – 222, 2002.

JEANNEROD, M. Mental imagery in the motor context. **Neuropsychologia**, v. 33, n. 11, p. 1419-1432, 1995.

JOHNSON, M.H. Development of human brain function. *Biological Psychiatry*, v. 54, p. 1312-1316, 2003.

JORDAN, M. The organization of actions sequences: evidence from a relearning task. **J. Motor Behav.**, v.27, p.179-192, 1995.

KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, J.H.; JESSELL, T.M. **Fundamentos da neurociência e do comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1997. 591p.

KARNI, A., et al. Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during skill learning. **Nature**, v. 377, p. 155-158, 1995.

KARNI, A.; MEYER, G.; REY-HIPOLITO, C.; JEZZARD, P. et al. The acquisition of skilled motor performance: fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 95, p. 861-868, February 1998.

KASSAI, T.; KAWAI, S.; KAWANISHI, M.; YAHAGI, S. Evidence for facilitation of motor evoked potentials (MEPs) induced by motor imagery. **Brain Research**, v.744, p.147-150, 1997.

KAWATO, M. Internal models for motor control and trajectory planning. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 9, p. 718-727, 1999.

KOPCZYNSKI, M. C. **A realimentação é fundamental para o aprendizado de seqüências de movimentos?** 2006. 113p. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

KOSSLYN, S. M.; SHEPHARD, J. M.; AND THOMPSON, W. L. **Spatial processing during mental imagery: a neurofunctional theory**. In F. Mast and L. Jancke (eds), *Spatial Processing in Navigation, Imagery, and Perception*. 2007, New York: Springer. p.1-16.

KRAEMER, D.J.M.; MACRAE, C.N.; GREEN, A.E.; KELLEY, W.M. Musical imagery: Sound of silence activates auditory cortex. **Nature**, v.434, p.158, 2005.

- KRAKAUER, J.W.; MAZZONI, P.; GHAZIZADEH, A.; RAVINDRAN, R.; SHADMEHR, R. Generalization of Motor Learning Depends on the History of Prior Action. **PLoS Biology**, v.4, n.10, p.1798-1808, 2006.
- KUHTZ-BUSCHBECK, J.P.; MAHNKOF, C.; HOLZKNECHT, C.; SIEBNER, H.; ULMER, S.; JANSEN, O. Effector-independent representations of simple and complex imagined movements: a combined fMRI and TMS study. **European Journal of Neuroscience**, v.18, p.3375-3387, 2003.
- KUNZ, B.R., CREEM-REGEHR, S.H., THOMPSON, W.B. Evidence for motor simulation in imagined locomotion. **J. Exp. Psychol. Hum.** v.35, p.1458–1471, 2009.
- LACOURSE, M.G.; TURNER, J.A.; RANDOLPH-ORR, E.; SCHANDLER, S.L.; COEHEN, M.J. Cerebral and cerebellar sensorimotor plasticity following motor imagery-based mental practice of a sequential movement. **J Rehabil Res Dev.**, v.41, p.505-524, 2004.
- LAFLEUR, M.F.; JACKSON, P.L.; RICHARDS, C.; MALOUIN, F.; DOYON, J. Motor learning produces parallel dynamic functional changes during the execution and the imagination of sequential foot movements. **Neuroimage**, v.16, p.142-157, 2002.
- LOREY, B.; PILGRAMM, S.; WALTER, B.; STARK, R.; MUNZERT, J.; ZENTGRAF, K. Your mind's hand: motor imagery of pointing movements with different accuracy. **Neuroimage**, v.49, p. 3239–3247, 2010.
- LOTZE, M.; HALSBAND, U. Motor imagery. **Journal of Physiology - Paris**, v. 99, p. 386-395, 2006.
- MALOUIN, F.; RICHARDS, C.L.; DURAND, A.; DOYON, J. Added value of mental practice combined with small amount of physical practice on the relearning of rising and sitting post-stroke: a pilot study. **JNPT**, v. 33, p.195-202; 2009.
- McCULLAGH, P.; WEISS, M.R. Modeling: Consider-ations for motor skill performance and psychological responses. In R. N. Singer, H. A. Hausenblaus, & C. M. Janelle (Eds.), **Handbook of sport psychology**, 2nd ed., p.205–238. New York: Wiley, 2001.
- MELO, M. C. S. **Aprendizado motor em crianças de 5 e 6 anos: comparação entre prática física e prática mental**. 81f. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- MOLINA, M.; TIJUS, C.; JOUEN, F. The emergence of motor imagery in children. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 99, n. 3, p. 196-209, 2008.
- NYBERG, L.; ERIKSSON, J.; LARSSON, A.; MARKLUND, P. Learning by doing versus learning by thinking: an fMRI study of motor and mental training. **Neuropsychologia**, v.44, p. 711-717, 2006.
- O' CRAVEN, K.M.; KANWISHER, N. Mental imagery of faces and places activates corresponding stimulus- specific brain regions. **J Cogn Neurosci**. v.12, n.6, p.1013-1023, 2000.

OLSSON, C.J.; JONSSON, B.; NYBERG, L. Internal imagery training in active high jumpers. **Scand J Psychol**, v.10, p.234-248, 2008.

PAILLARD, J. Fast and slow feedback loops for the visual correction of spatial errors in a pointing task: a reappraisal. **Can J Physiol Pharmacol.**, v.74, n.4, p.401– 417, 1996.

PAGE, S.J.; SZAFLARSKI, J.P.; ELIASSEN, J.C.; PAN, H.; CRAMER, S.C. Cortical plasticity following motor skill learning during mental practice in stroke. **Neurorehabil Neural Repair**, v. 23, n.4, p.382-388, 2009.

PALAZZIN, A. **Aprendizado motor em crianças e adultos normais: semelhanças e diferenças**. 2007. 95p. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PANZER, S.; WILDE, H.; SHEA, C.H. Learning of similar complex movement sequences: proactive and retroactive effects on learning. **Journal of Motor Behavior**, v. 38, n. 1, p. 60-70, 2006.

PELGRIMS, B.; ANDRES, M.; OLIVIER, E. Double Dissociation between Motor and Visual Imagery in the Posterior Parietal Cortex. **Cereb Cortex**, v.19, n.10, p.2298-307, 2009.

RAISBECK, L.; WYATT, W.R.; SHEA, J.B. A two process memory-based account for mental and physical practice differences. **Journal of Motor Behavior**, v.44, n.2, p. 115-124, 2012.

ROWLAND, L.A, SHANKS, D.R. Sequences learning and selection difficulty. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.32, n.2, p.287-299, 2006.

SÁ, C.S.A. Aquisição, retenção e transferencia de habilidades motoras em crianças de 7 e 12 anos. **Tese de doutorado** - Instituto de Psicologia. Área de concentração neurociências e comportamento, 2007.

SCHMIDT, R.A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychological Review**, v. 82, n. 4, p. 225-260, July 1975.

SCHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M.H. **Controle motor: teorias e aplicações práticas**. São Paulo: Manole, 2003. 592p.

SCHUSTER, C. et al. Best practice for motor imagery: a systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines, **BMC Medicine**, v.9, p.75-88, 2011.

SEIDLER, R.D. Multiple motor learning experiences enhance motor adaptability. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 16, n. 1, p. 65-73, 2004.

SHADMEHR, R.; BRASHERS-KRUG, T. Functional stages in the formation of human long-term motor memory. **The Journal of Neuroscience**, v. 17, n. 1, p. 409-419, January 1997.

SHADMEHR, R.; HOLCOMB, H.H. Neural correlates of motor memory consolidation. **Science**, v.277, p. 821-825,1997.

SHERWOOD, D.E.; LEE, T.D. Schema theory: critical review and implications for the role of cognition in a new theory of motor learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 74, n. 4, p.376-382, 2003.

SIQUEIRA, M.V. **Aprendizado motor em crianças: comparação entre 06 e 10 anos**. 2007. 87p. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SOKOURA, X.; VINTER, A.; PAPAXANTHIS, C. Mentally Simulated Motor Actions in Children. **Dev. Neuropsychol.** v.34, n.3, p.356-67, 2009.

STEA-MARIE, D.M.; CLARK, S.E.; LATIMER, A.E. High levels of contextual interference enhance handwriting skill acquisition. *Journal of motor behavior*, v.36, n.1, p.115-126, 2004.

TAKTEK, K.; SALMINI, A.; RIGAL, R. The Effects of Mental Imagery on the Learning and Transfer of a Discrete Motor Task by Young Children. **J Ment Imagery**, v.28, n.3-4, p.87-120, 2008.

TANI, G. Aprendizagem motora: tendências, perspectivas e problemas de investigação **REVISTA GALEGO-PORTUGUESA DE PSICOLOGÍA E EDUCACIÓN**, v.2, n.2, p.1138-1663, 1998

THEILER, A.M.; LIPPMAN, L.G. Effects of Mental Practice and Modeling on Guitar and Vocal Performance, **Journal of General Psychology**, v.122, n.4, p. 329–43, 1995.

TIAN, X.; POEPEL, D. Mental imagery of speech and movement implicates the dynamics of internal forward models. **Frontiers in Psychology**, v.1, p.1-23, 2010

TIAN, X.; POEPEL, D. Mental imagery of speech: linking motor and sensory systems through internal simulation. **Front. Hum. Neurosci.** v.6, p.314, 2012.

TIN, C.; POON, C. Internal models in sensorimotor integration: perspectives from adaptive control theory. *J. Neural Eng.*, v.2, p.147-163, 2005.

TURVEY, M.T. Action and perceptual at the level of synergies. **Human Movement Science**. v.26, p.657-697, 2007.

VANDELL, R.A.; DAVIS, R.A.; CLUGSTON, H.A. The function of mental practice in the acquisition of motor skills. **J Gen Psychol.** v.29, p.243-250,1943.

WEINBERG, R.; HANKES, D.; JACKSON, A. Effect of the length and temporal location of the mental preparation interval on basketball shooting performance. **International Journal of Sport Psychology**,v. 22, p. 3-14, 1991.

WHOLDMANN E.L.; HEALY, A.F.; BOURNE, L.E.J. Pushing the limits of imagination: mental practice for learning sequences. **Journal of experimental psychology: learning, memory and cognition**, v. 33, n.1, p. 254-261, 2007.

WOHLDMANN, E.L.; HEALY, A.F.; BOURNE, L.E., Jr. A mental practice superiority effect: less retroactive interference and more transfer than physical practice. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition**, v. 34, n. 4, p. 823-833, 2008.

WOLPERT, D.M.; GHARAMANI, Z.; JORDAN, M.I. An internal model for sensorimotor integration. **Science**, v. 269, n. 5232, p. 1880-1882, 1995.

WOLPERT, D.M.; MIALL, R.C. Forward models for physiological motor control. **Neural Netw.**, v.9, p.1265-1279, 1996.

WOLPERT, D.M.; KAWATO, M. Multiple paired forward and inverse models for motor control. **Neural Netw.**, v.11, p.1317-1329, 1998.

WRIGHT, C.E. **Generalized motor programs: reexamining claims of effector independence in writing**. In: Jeannerod M (ed) Attention and performance XIII: motor representation and control. 1990, Erlbaum Associates, Hillsdale, p. 294-320.

YOO, S.S.; FREEMAN, D.K.; MCCARTHY, J.J.; JOLESZ, F.A. Neural substrates of tactile imagery: a functional MRI study. **Neuroreport**, v.14, p.581-585, 2003.

ANEXO A

**ANEXO A – APROVAÇÃO DA COMISSÃO DE ÉTICA PARA ANÁLISE DE
PROJETOS DE PESQUISA do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo – HCFMUSP**



DIRETORIA CLÍNICA

Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa**APROVAÇÃO**

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 26.08.04, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº **648/04**, intitulado: "Aprendizagem de uma nova habilidade motora em crianças normais" apresentado pelo Departamento de **FISIOTERAPIA, FONOAUDIOLOGIA E TERAPIA OCUPACIONAL**, inclusive o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Pesquisador(a) Responsável: **Sra. Maria Elisa Pimentel Piemonte**

CAPPesq, 26 de Agosto de 2004.

PROF. DR. CLAUDIO LEONE
Vice-Presidente da Comissão de Ética para Análise
de Projetos de Pesquisa

OBSERVAÇÃO: Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CAPPesq, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10.10.1996, inciso IX.2, letra "c")

