

Comparação de Prática Mental e Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva em Irmãs com Atrofia Cerebelar

Comparison of Mental Practice and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation In Sisters With Cerebellar Atrophy

Cynthia Bedeschi¹, Diego Benatto Guedes², Daniela Ambrosano³

RESUMO

Objetivo. Comparar o efeito de um treinamento entre Prática Mental (PM) e Prática Física (PF) na força muscular de flexores de dedos em duas irmãs com atrofia cerebelar precoce de origem genética. **Método.** As pacientes realizaram um programa de exercícios de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) de membros superiores – uma participante realizou mentalmente (condição PM) e a outra realizou fisicamente (condição PF). O treinamento foi constituído de 10 sessões, 2 vezes por semana, por 5 semanas. A força muscular de flexores de dedos foi mensurada por meio de um dinamômetro antes do início de todas as sessões, e após 17 dias do término do treino. **Resultados.** As pacientes que realizaram PM e PF apresentaram um ganho de 42%, e 10%, respectivamente, na mão dominante. Na reavaliação de seguimento após 17 dias, ambas mantiveram os resultados benéficos, e a paciente da condição PM apresentou ganho de 12% na força muscular. **Conclusão.** A PM aplicada isoladamente promoveu maior ganho de força muscular de flexores de dedos em comparação com a PF de exercícios de FNP realizados por duas irmãs com atrofia cerebelar, o que sugere que os indivíduos com desordens cerebelares também podem ser beneficiados pela PM como forma terapêutica adjuvante à PF.

Unitermos. Reabilitação, Doenças Cerebelares, Percepção de Movimento, Imaginação.

Citação. Bedeschi C, Guedes DB, Ambrosano D. Comparação de Prática Mental e Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva em Irmãs com Atrofia Cerebelar.

ABSTRACT

Objective. To compare the effect of training between Mental Practice (MP) and Physical Practice (PP) on the strength of the flexor muscle of fingers in two sisters with cerebellar atrophy. **Method.** The patients underwent an exercise program with Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) of the upper limbs - a participant performed mentally (condition MP) and the other held physically (PP condition). The training consisted of 10 sessions, 2 times per week for 5 weeks. Muscle strength of flexors of fingers was measured using a dynamometer, before the start of every session, and after 17 days of completion of training. **Results.** The patients who underwent MP and PP showed a gain of 42% and 10%, respectively, on the dominant hand. On follow-up assessment after 17 days of follow up, both kept their beneficial results, and the patient who did MP showed a 12% gain in muscle strength. **Conclusion.** The MP applied in isolation, promoted greater gains in muscle strength of the flexor muscle of fingers compared to PP of PNF exercises conducted by two sister with cerebellar atrophy, suggesting that individuals with cerebellar disorders can also be benefited by the MP as a therapeutic adjunct to PP.

Keywords. Rehabilitation, Cerebellar Diseases, Motion Perception, Imagination.

Citation. Bedeschi C, Guedes DB, Ambrosano D. Comparison of Mental Practice and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation In Sisters With Cerebellar Atrophy.

Trabalho realizado na Universidade Paulista (UNIP), campus Alphaville, São Paulo, Brasil.

1. Fisioterapeuta, Especialista em Fisioterapia em Neurologia pela Universidade de São Paulo, Mestre e Doutoranda em Neurociências e Comportamento pela Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Brasil.
2. Fisioterapeuta e Especialista em Acupuntura pela Escola Físioarte Fisioterapeutas Associados, São Paulo-SP, Brasil.
3. Fisioterapeuta e Especialista em Fisioterapia em Neurologia pela Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Brasil.

Endereço para correspondência:

Cynthia Bedeschi
Rua Cipotânea, 51. Cidade Universitária
CEP 05360-160, SP, Brasil.
E-mail: cybedeschi@usp.br

Relato de Caso
Recebido em: 09/03/12
Aceito em: 18/03/13
Conflito de interesses: não

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos multiplicaram-se os estudos sobre os efeitos da prática mental de movimentos (PM) sob os mais variados enfoques. As descobertas de que a PM e a execução motora compartilham representações neurais e o conceito de equivalência funcional entre estes processos¹ alavancaram uma gama de pesquisas sobre o ato de se imaginar um movimento, sem executá-lo realmente, o princípio básico da PM. De fato, apesar do fato da não execução do movimento implicar em uma inibição do componente eferente, isto não necessariamente suprime o fluxo de atividade motora, onde inputs saem do córtex motor primário e alteram a excitabilidade da medula espinal², caracterizando uma maior excitabilidade córtico-espinal proporcional à complexidade da tarefa estudada^{2,3}. A equivalência entre a imaginação e a ação parece ser tanto funcional como estrutural⁴ e depende da perspectiva, da complexidade da tarefa motora e da familiaridade com a mesma⁵. A primeira pode ser variada em primeira pessoa (produzida pelo próprio aspecto da mentalização e também é chamada de imagem cinestésica, onde o indivíduo imagina o movimento) ou terceira pessoa (quando uma pessoa vê a si mesma, como um observador, onde não há sensação da execução do movimento²). Ademais, é preciso que o indivíduo tenha realizado realmente a tarefa previamente, onde a eficácia da PM é proporcional à intensidade da prática, já que as representações motoras facilitadas pela PM parecem ser específicas, oriundas de experiência física prévia em um nível razoável, e moldadas por um treinamento tarefa-específico⁵. Os praticantes de PM devem ter, além de capacidade de geração de imagens mentais, conhecimentos declarativos necessários sobre os diferentes componentes da tarefa antes da prática⁶, o que exige processamentos cognitivos preservados, como memória operacional. A PM é capaz de: (1) permitir ao aprendiz imaginar ações possíveis e estratégias, estimulando os resultados prováveis na situação real; (2) pode ser acompanhado por atividade mínima muscular, muito longe da necessária para produzir a ação, que envolve os músculos que são utilizados durante o movimento real; (3) pode auxiliar na focalização da atenção dos executantes nas dicas relevantes da tarefa, o que pode ser útil para o desempenho físico subsequente⁷. Os efeitos da PM são medidos indiretamente por manifestações neurais e/

ou comportamentais, já que o processamento da imagem não pode ser observado². Os resultados de pesquisas clínicas sobre o uso da PM são muito favoráveis, tanto quando executada na forma isolada ou em combinação com a prática física real, onde foram demonstrados desfechos em jovens saudáveis⁸, indivíduos que sofreram Acidente Vascular Cerebral (AVC)^{9,10}, pós amputação, lesados medulares¹¹, Doença de Parkinson¹¹ e atletas de elite², levando muitos autores a sugerirem que a PM possa ser utilizada como ferramenta de reabilitação, seja no tratamento de lesões decorrentes da prática de esportes, ou de distúrbios do movimento. Grande parte dos estudos que utiliza a PM como reabilitação pós-lesão se baseia nos efeitos musculares, principalmente no aumento de força muscular (manifestado por aumento da intensidade de disparo das unidades motoras e recrutamento de unidades motoras antes inativas, fenômenos que ocorrem antes mesmo da hipertrofia muscular^{4,8}). Outros efeitos musculares como ganhos em flexibilidade e alongamento tanto de forma ativa como passiva também foram relatados, onde fatores psicológicos como aumento da autoconfiança e motivação e efeitos fisiológicos em sarcômeros e tecidos conectivos parecem contribuir⁴. Com relação ao tratamento de distúrbios neurológicos, não existem trabalhos que associem diretamente a PM a portadores de distúrbios cerebelares de origem genética. O cerebelo está associado, além às funções classicamente descritas como coordenação motora, integração sensorio-motora, correção do movimento e controle de feedback¹², também em funções não motoras, como emocionais e cognitivas, tais como aprendizado associativo, memória, linguagem, além de controles neurovegetativos^{13,14}. Devido às evidências de plasticidade neural tanto em nível cortical cerebelar como em seus núcleos intrínsecos¹⁵, é plausível de se afirmar que indivíduos com lesões cerebelares possam se beneficiar da PM como forma terapêutica na aquisição de habilidades motoras e no consequente ganho de força muscular. O uso de exercícios constituintes da Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) parece ser interessante por assumirem características funcionais, com uma sequência ordenada e de maior complexidade quando comparados a exercícios executados de forma isolada, e há estudos que afirmam que a FNP utilizada sob a forma de PM é melhor do que sob a forma de prática física (PF)

no aumento e manutenção da amplitude de movimento da articulação do quadril em jovens saudáveis¹⁶.

Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho foi comparar o efeito de um treinamento motor em duas condições isoladas (PM ou PF) na força muscular de flexores de dedos em duas irmãs portadoras de atrofia cerebelar de início precoce de origem genética. A hipótese é que a PM de forma isolada possa promover semelhante ganho de força muscular, assim como a PF, em flexores de dedos dos sujeitos.

MÉTODO

Tipo de Estudo

Trata-se de um estudo experimental, longitudinal e prospectivo.

Crítérios de Elegibilidade

Para serem incluídos no estudo, os sujeitos deveriam ter o diagnóstico de Atrofia Cerebelar Precoce realizado por um neurologista; quadro clínico semelhante após avaliação fisioterapêutica; obter pontuação de 24 ou mais no Mini-Exame do Estado Mental (MEEM)¹⁷ para excluir alterações cognitivas e garantir que os sujeitos compreendessem e realizassem os exercícios; ausência de comorbidades ortopédicas que pudessem comprometer a realização dos exercícios.

Participantes e Local

Foram selecionadas para a pesquisa duas irmãs consanguíneas do sexo feminino, com diagnóstico de Atrofia Cerebelar Precoce de origem genética, com idades de 19 e 21 anos, destros. Ambas apresentavam ataxia predominante axial, com tremor nos membros superiores principalmente ao final do movimento e desequilíbrio na marcha.

A pesquisa foi realizada na Clínica de Fisioterapia da Universidade Paulista, *campus* Alphaville, São Paulo, Brasil, e ambas as participantes assinaram um termo de consentimento do Comitê de Ética da Universidade (aprovação 127/07 CEP/ICS/UNIP).

Procedimentos

Avaliação da força muscular

Foi realizada avaliação da força muscular de fle-

xores de dedos por meio de um dinamômetro manual da marca Kratos®, devidamente calibrado. É um aparelho utilizado para mensurar a força de pressão manual. Como os exercícios realizados envolvem o membro superior como um todo, a força muscular dos dedos foi eleita para avaliação por fornecer medidas mais precisas por meio do dinamômetro. As participantes foram orientadas a permanecerem sentadas em uma cadeira confortável, com o membro superior ao longo do corpo em posição neutra, cotovelo fletido a 90°, antebraço em posição neutra e sem apoio. Após instrução do terapeuta, as mesmas realizaram uma força de flexão de dedos máxima, apertando o dinamômetro. A medida (em Kgf) foi realizada sempre antes de cada sessão de treino, bem como após 17 dias do final do treino (avaliação de seguimento), por um fisioterapeuta cego ao tipo de exercício executado pelas participantes, e sem o conhecimento prévio das participantes dos objetivos das avaliações deste estudo.

Treino

A sequência de exercícios de FNP foi estipulada por uma fisioterapeuta especializada em distúrbios do movimento, e foi constituída das diagonais clássicas de membros superiores da FNP, onde os sujeitos partem de uma posição inicial específica e realizam movimentos em espiral.

Posição Inicial para realização dos exercícios: As participantes foram orientadas a se posicionarem em decúbito dorsal com a cervical alinhada, membros inferiores e membro superior que não realizou a tarefa em extensão, e membro superior que foi trabalhado em extensão de punho e dedos; abdução de ombro e rotação interna de ombro (diagonal extensora)¹⁸. Uma carga de 0,50 Kg (caneleira Mc Master Coopercarci®) foi colocada no punho das participantes, como forma de resistência para a condição PF e estímulo motivacional para a condição PM, isto é, o peso ao redor do punho foi mantido mesmo na paciente que não executou movimentos reais.

Exercícios de PNF: A sequência de exercícios estipulada e realizada foi constituída de duas fases, por meio das diagonais clássicas da FNP¹⁸: (1) diagonal flexora – composta por flexão de punho e dedos; rotação externa

de ombro e flexão com adução de ombro (nesta ordem) e (2) diagonal extensora – extensão de punho e dedos, rotação interna de ombro e extensão com abdução de ombro (nesta ordem). Os exercícios foram sempre reforçados por comando verbal dos terapeutas de forma a estimular os exercícios em ambas as condições. Os exercícios foram realizados mentalmente (PM) ou fisicamente (PF) e foram divididos em três séries de dez repetições cada por sessão, com um intervalo de 3 minutos entre cada série para evitar fadiga muscular, em uma frequência de duas vezes por semana, durante cinco semanas (total de 10 sessões). Cada participante foi treinada por um fisioterapeuta diferente - na condição de PM o programa de exercícios descrito foi realizado apenas com a imaginação em perspectiva em primeira pessoa na dimensão cinestésica (“se imaginar executando os exercícios”). Após a décima sessão de treino, as pacientes foram orientadas a não realizarem exercícios de membros superiores durante um período de 17 dias.

Avaliação de seguimento: A força muscular de flexores de dedos foi mensurada novamente 17 dias após a 10ª sessão de treino, em ambas as participantes, pelo mesmo examinador.

RESULTADOS

As participantes apresentaram mesma pontuação no MEEM – 27 pontos.

As medidas de força muscular em flexores de dedos realizadas nas 10 sessões de treino, em ambas as condições (PM e PF) estão apresentadas nos Gráficos 1 e 2 – para mão direita e esquerda, respectivamente.

Com relação ao membro superior direito (membro dominante), ambas as participantes iniciaram o treino partindo de um mesmo valor de força muscular de flexores de dedos (1,90 Kgf). Ao final do treino, a participante que realizou PM apresentou um aumento de força muscular de flexores de dedos de 42% - valor final de 2,40 Kgf. Já a participante que realizou a PF apresentou um aumento de 10% na força muscular – valor final de 2,00 Kgf. Na avaliação de seguimento realizado após 17 dias do treino, a participante que realizou PM e a participante que realizou PF apresentaram 2,70 Kgf e 2,10 Kgf de força muscular em flexores de dedos, respectivamente.

Com relação ao membro superior esquerdo, a participante que realizou PM iniciou com 1,60 Kgf e a participante que realizou PF com 1,80 Kgf de força muscular. Ao final das 10 sessões as participantes apresentaram 2,20 Kgf e 1,90 Kgf para as condições PM (aumento

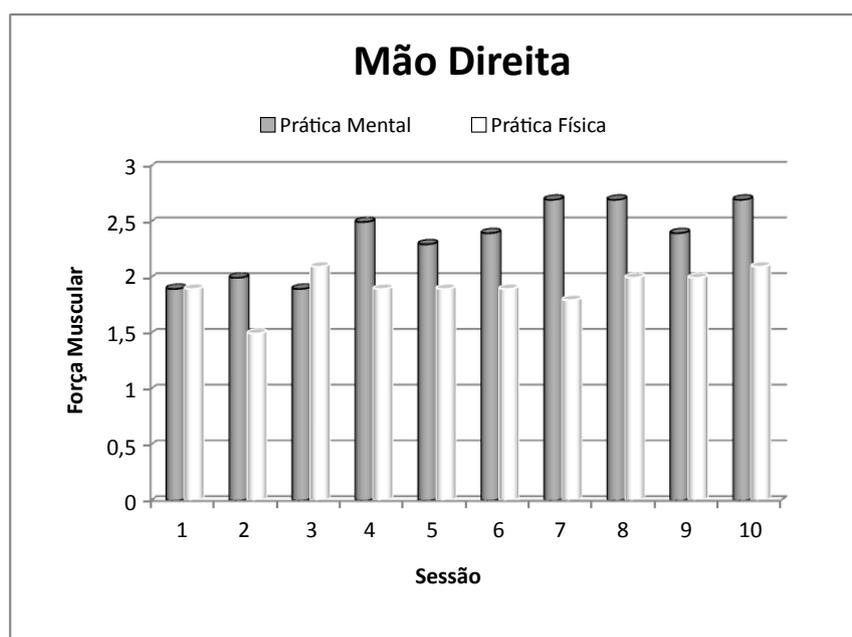


Gráfico 1. Força Muscular (em Kgf) de flexores de dedos da mão direita das duas participantes (condições Prática Mental - PM e Prática Física - PF) ao longo das 10 sessões de treino.

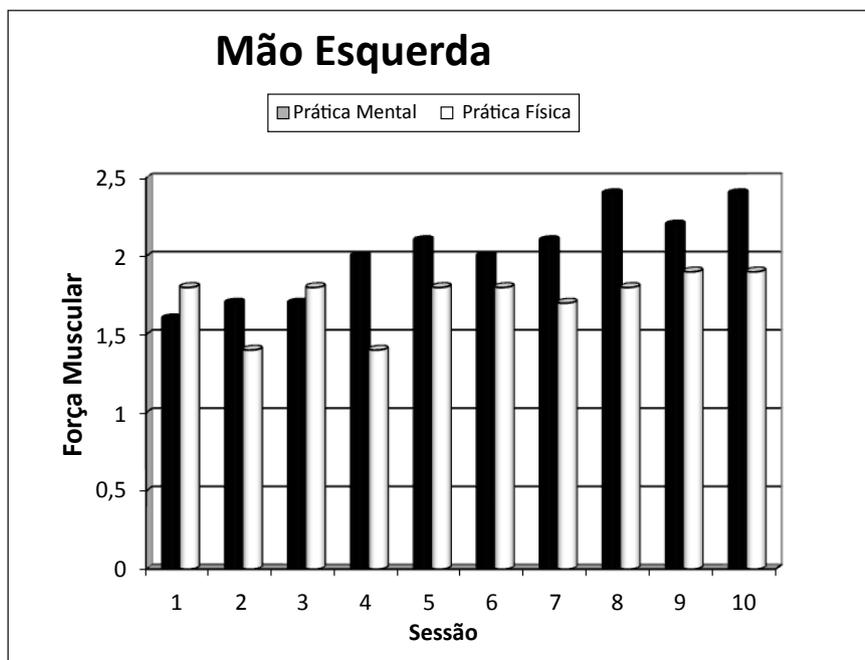


Gráfico 2. Força Muscular (em Kgf) em flexores de dedos da mão esquerda das duas participantes (condições Prática Mental - PM e Prática Física - PF) ao longo das 10 sessões de treino.

de 27,5%) e PF (aumento de 6%), respectivamente. A avaliação de seguimento realizada após 17 dias mostrou valores de 2,40 Kgf (aumento de 8%) e 1,90 Kgf (manutenção do resultado da última sessão) para as participantes das condições PM e PF, respectivamente.

DISCUSSÃO

O fato de que a imaginação motora possa estimular e/ou facilitar o controle neural do movimento sem precisar da execução do mesmo², favorece novas abordagens terapêuticas em reabilitação, onde os indivíduos com limitações importantes, incapacitados de realizar movimentos voluntários e até mesmo com lesões do SNC possam ser estimulados. Este trabalho é o primeiro estudo que mostra ganhos de força muscular após um treinamento de 10 sessões com PM em uma participante com atrofia cerebelar de origem genética, o que reafirma a idéia de que a PM pode ser utilizada como forma terapêutica na facilitação de ganho de força muscular. Entretanto o principal achado, que causou surpresa aos autores, foi que o aumento da força muscular foi maior na participante que realizou PM. Uma das explicações para o maior efeito do treino em PM poderia ser uma diferença entre as participantes já na avaliação inicial da força muscular. Caso a participante que realizou PF iniciasse o treino já

com uma grande vantagem em relação à participante que realizou PM, um menor ganho de força seria justificado em comparação com a participante que realizou PM. Entretanto, esta hipótese poderia se aplicar somente para os resultados do membro superior não dominante (a participante que realizou PF iniciou o treino com uma medida inicial de força muscular 0,20 Kg/F maior), já que no membro dominante ambas as participantes partiram de um mesmo valor inicial de força muscular (1,90 Kgf).

Outros fatores que possam ter contribuído para esta interessante diferença entre os resultados das condições PM e PF podem ser de origem psicológica. Houve a preocupação de passar para as participantes a mesma estimulação, tanto por meio de comando verbal estimulador, como por meio dos próprios acessórios do treino, como, por exemplo, o peso ao redor do punho que foi mantido mesmo na paciente que não executou movimentos reais. Assim, pode ser que a PM tenha promovido à participante aumento da confiança e motivação intrínsecas para se atingir os objetivos, contribuindo para a melhor execução técnica ou um melhor processamento da informação, levando ao aumento no desempenho das medidas de força muscular⁴. Ainda, um fator que pode ser considerado é uma possível diferença entre os indivíduos. Apesar de serem irmãs e portadoras da mesma patologia de base (a

origem genética é devido ao fato dos pais serem primos em primeiro grau), o que garantiria que as características da lesão e a evolução do quadro seriam semelhantes, não se pode descartar a possibilidade de que diferença de idade entre as participantes (2 anos), bem como as alterações intrínsecas a cada organismo no que concerne ao aproveitamento do treino, na integração sensório-motora e à possível plasticidade neural ocorrida podem ser fatores influentes na diferença de desempenho que favoreceu a participante que realizou PM. Embora não haja execução do movimento, a *intenção* de se realizar o mesmo foi provocada e estimulada, além do maior engajamento atencional¹⁹ na realização da tarefa mentalmente, que influenciam sobremaneira as fases iniciais do controle neural do movimento. O interessante é que, mesmo não fazendo parte da avaliação desta pesquisa e diante de um menor ganho de força muscular, a paciente que realizou PF referiu ao final do treino uma melhora da coordenação motora, com diminuição dos tremores durante a execução dos movimentos (principalmente durante a alimentação) e melhor controle da voz melhorando assim a disartria e dismetria. Isto pode estar associado ao perfil do treinamento físico que a participante realizou e que favorece o sinergismo muscular, além de trabalhar força muscular, conscientização corporal e correção ativa das compensações corporais, o que por consequência justifica a melhora de coordenação dos movimentos¹³.

A PM já é indicada como uma abordagem útil no ganho de força muscular⁸ por meio da ativação de áreas corticais e subcorticais responsáveis pelo planejamento e regulação do *timing* de sequências motoras, bem como pela ativação do recrutamento neural de unidades motoras, e frequência de disparo dos motoneurônios², efeitos que são proporcionais à complexidade das tarefas praticadas³. Os exercícios motores eleitos neste estudo são compostos de sub-componentes que constituem um padrão diagonal da FNP, portanto pode ser considerada como uma tarefa de maior complexidade em comparação com movimentos realizados de forma isolada, o que possivelmente favorecem um aumento do recrutamento de fibras musculares decorrentes de uma maior excitabilidade córtico-espinal^{2,3}. Vale salientar que apesar destes sub-componentes dos movimentos serem familiares às participantes – flexão de punho e dedos, rotação externa

de ombro e flexo-adução de ombro - o que é importante para maior efeito da PM⁵, os movimentos ordenados nesta *determinada sequência funcional* que foi treinada não eram conhecidos pelas participantes previamente, o que aumenta a complexidade do treino, onde a taxa subjetiva de esforço mental para se imaginar uma tarefa é correlacionada com a quantidade de força que é necessária para a execução da mesma¹¹.

Um outro ponto interessante a se considerar é o efeito da PM na ativação cerebelar. O cerebelo é ativado em simples movimentos de mãos²⁰, além de apresentar um papel importante na PM de movimentos lentos^{21,22}. Tanto a PM como processos relacionados ao planejamento do movimento dependem do *input* de informação proprioceptiva²³, sendo a PM sensível à processos aferentes, como a congruência de posições atuais e mentais da mão², processos onde o cerebelo exerce contribuição – o que suporta a idéia de que a PM cinestésica realizada, dependente de informações aferentes e proprioceptivas pode ter estimulado benéficamente os circuitos cerebelares. Diante deste contexto, o treino em PNF tanto em PM como PF pode ter melhorado a habilidade de reorganização neural, componente importante no aprendizado motor e na recuperação após lesão neuronal².

O efeito facilitador do movimento causado pela PM neste estudo pôde ser comprovado pela avaliação de seguimento realizada 17 dias após o término do treino e sem o conhecimento prévio das participantes. Estes resultados, além da principal evidência de que houve um aumento da força muscular nas duas mãos, mesmo sem treino, na participante que realizou PM, demonstraram também que os ganhos de força muscular em flexores de dedos obtidos por meio de um treino de FNP tanto em condição de PM como PF podem ser mantidos, no mínimo após 17 dias.

A aplicação da PM apresenta consideráveis vantagens, como não apresentar custos ou riscos para o paciente, além de produzir efeitos mesmo quando não há habilidade do sujeito em realizar movimentos voluntários ou quando apresentam segmentos corporais que não podem ser manipulados ou movimentados, como em caso de queimaduras, pós-cirúrgicos imediatos, grandes traumatismos, entre outros – o que favorece a estimulação neuromuscular de pacientes antes não tratados. Apesar

dos resultados extremamente satisfatórios da PM em comparação com a PF, vale ressaltar que este estudo não advoga a favor da ideia de utilização da PM em condição isolada como forma de tratamento. A PM e PF compartilham muitos substratos neurais, mas que não são completamente sobrepostos²⁴, e a incorporação da PM em condição isolada neste desenho experimental foi necessária para confirmar os efeitos positivos atribuídos somente à PM²¹. Assim, e de acordo com a literatura, a orientação proposta pelos autores é para que os envolvidos em reabilitação neurológica possam se utilizar desta forma de tratamento como forma adjuvante, complementar à PF no tratamento dos pacientes com desordens neurológicas²⁵.

Como limitação deste trabalho pode-se citar o reduzido tamanho da amostra, o que sugere que sejam realizadas pesquisas com um número maior de participantes a fim de se obter maior precisão e confiabilidade estatística, bem como estudos com um seguimento maior a fim de se verificar a manutenção em longo prazo dos ganhos de força muscular obtidos.

CONCLUSÃO

Como conclusão, a PM realizada de forma isolada promoveu maior aumento da força muscular de flexores de dedos em comparação com a PF de exercícios de FNP realizados por duas irmãs com atrofia cerebelar, o que sugere que os indivíduos com desordens cerebelares também podem ser beneficiados pela PM como forma terapêutica adjuvante à PF.

REFERÊNCIAS

- Jeannerod M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage* 2001;14:103-109. <http://dx.doi.org/10.1006/nimg.2001.0832>
- Munzert J, Lorey B, Kentgraf K. Cognitive motor processes: The role of motor imagery in the study of motor representations. *Brain Res Rev* 2009;60:306-326. <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.12.024>
- Roosink M, Zijdwind I. Corticospinal excitability during observation and imagery of simple and complex hand tasks: Implications for motor rehabilitation. *Behav Brain Res* 2010;213:35-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2010.04.027>
- Guillot A, Tölleron C, Collet C. Does motor imagery enhance stretching and flexibility? *J Sport Sci* 2010;28:291-298. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410903473828>
- Olsson CJ, Nyberg L. Motor imagery: if you can't do it, you won't think it. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(5):711-715. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01101.x>
- Jackson PL, Lafleur MF, Malouin F, Richards C, Doyon C. Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82:1133-1141. <http://dx.doi.org/10.1053/apmr.2001.24286>
- Schmidt, Richard A, And Wrisberg C. *Motor Learning and Performance: An approach to problem-based learning*. 4 edição, Human Kinetics Europe Ltd, 2007; 416p.
- Sidaway B, Trzaska AR. Can mental practice increase ankle dorsiflexor torque? *Phys Ther* 2005;85:1053-1060.
- Page SJ, Levine P, Sisto SA, Johnston MV. Mental practice combined with physical practice for upper-limb motor deficit in subacute stroke. *Phys Ther* 2001;81:1455-1462.
- Braun SM, Beurskens AJ, Borm PJ, Schack T, Wade DT. The effects of mental practice in stroke rehabilitation: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87:842-852. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2006.02.034>
- Lotze M, Montoya P, Erb M, Hulsmann E, Flor H, Klose U, Birbaumer N, Grodd W. Activation of cortical and cerebellar motor areas during executed and imagined hand movements: an fMRI study. *J Cogn Neurosci* 1999;11:491-501. <http://dx.doi.org/10.1162/089892999563553>
- Ohyama T, Nores WL, Murphy M, Mauk MD. What the cerebellum computes. *Trends Neurosci* 2003;26:222-227. [http://dx.doi.org/10.1016/S0166-2236\(03\)00054-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0166-2236(03)00054-7)
- Timmann D, Drepper J, Frings M, Maschke M, Richter S, Gerwig M, et al. The human cerebellum contributes to motor, emotional and cognitive associative learning. A review. *Cortex* 2010;46:845-857. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2009.06.009>
- Ito M. Control of mental activities by internal models in the cerebellum. *Nature Rev Neurosci* 2008;9:304-313. <http://dx.doi.org/10.1038/nrn2332>
- Dezeuew CI, Yeo CH. Time and tide in cerebellar memory formation. *Curr Opin Neurobiol* 2005;15:667-674. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conb.2005.10.008>
- Williams JG, Odley JL, Callaghan M. Motor imagery boosts proprioceptive neuromuscular facilitation in the attainment and retention of range of motion at the hip joint. *J Sports Sci Med* 2004;3:160-166.
- Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr* 1975;12:189-198.
- Burke DG, Culligan LE. The theoretical basis of proprioceptive neuromuscular facilitation. *J Strength Cond Res* 2000;14:496-500. <http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200011000-00020>
- Poolton JM, Maxwell JP, Masters RS, Raab M. Benefits of an external focus of attention: Common coding or conscious processing. *J Sports Sci* 2006;24:89-99. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410500130854>
- Decety J, Perani D, Jeannerod M, Bettinardi V, Tadary B, Woods R, et al. Mapping motor representations with PET. *Nature* 1994;371:600-602. <http://dx.doi.org/10.1038/371600a0>
- Ionta S, Ferretti A, Merla A, Tartaro A, Romani GL. Step-by-Step: The effects of physical practice on the neural correlates of locomotion imagery revealed by fMRI. *Hum Brain Mapp* 2010;31:694-702. <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.20898>
- Jahn K, Deutschlander A, Stephan T, Strupp M, Wiesmann M, Brandt T.

Brain activation patterns during imagined stance and locomotion in functional magnetic resonance imaging. *Neuroimage* 2004;22:1722-1731.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.05.017>

23.Lang W, Cheyne D, Hollinger P, Gerschlag W, Lindinger G. Electric and magnetic fields of the brain accompanying internal simulation of movement. *Cogn Brain Res* 1996;3:125-129.

[http://dx.doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)00037-2](http://dx.doi.org/10.1016/0926-6410(95)00037-2)

24.Lotze M, Halsband U. Motor Imagery. *J Physiol Paris* 2006;99:386-395.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jphysparis.2006.03.012>

25.Bovend'eerd T, Dawes H, Sackley C, Izadi H, Wade, DT. An integrated motor imagery program to improve functional task performance in neurorehabilitation: a single-blind randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:939-946.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2010.03.008>