



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA**

Fernanda Albuquerque Lima

Efeitos a curto prazo de diferentes frequências e intensidades da estimulação magnética periférica repetitiva na excitabilidade cortical de indivíduos saudáveis

RECIFE
2024

Fernanda Albuquerque Lima

Efeitos a curto prazo de diferentes frequências e intensidades da estimulação magnética periférica repetitiva na excitabilidade cortical de indivíduos saudáveis

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Fisioterapia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Kátia Monte-Silva

Coorientador: Dr^a Maíra Izzadora Souza Carneiro

Revista para publicação: **Brain Imaging and Stimulation (BIS)**

RECIFE

2024

RESUMO

Introdução: a estimulação magnética periférica repetitiva (rPMS, do inglês *repetitive peripheral magnetic stimulation*) é uma técnica capaz de promover neuromodulação e, portanto, promissora para o tratamento de disfunções sensório-motoras associadas a condições neurológicas e musculoesqueléticas. No entanto, a diversidade de configurações de parâmetros da rPMS limita sua implementação na prática clínica, destacando a importância de compreender como diferentes parâmetros de estimulação afetam os efeitos induzidos rPMS. **Objetivo:** investigar os efeitos das diferentes frequências e intensidades da rPMS sobre a atividade cortical de voluntários saudáveis. **Materiais e métodos:** foi realizado um estudo crossover, duplo-cego e contrabalanceado, dividido em duas fases, cada uma com três sessões experimentais. Na fase 1, em cada sessão, foi testado o efeito de uma das seguintes frequências de rPMS: 1 Hz, 10 Hz e 25 Hz. Na fase 2 o efeito de diferentes intensidades da estimulação (90%, 100% e 110% do limiar motor) foram investigadas. Em ambas as fases do estudo a excitabilidade cortical (PEM) e as conexões intracorticais facilitatórias (FIC) e inibitórias (IIC) foram analisadas antes (baseline), imediatamente depois, 15 minutos e 30 minutos após a rPMS. **Resultados:** na fase 1, a rPMS aplicada a 25 Hz foi capaz de atenuar a IIC 30 min após a estimulação. Na fase 2, a rPMS a 110% foi capaz de aumentar o PEM após 15 min da estimulação e de aumentar a FIC após 15 min e 30 min da estimulação, ambos comparados ao baseline. A rPMS a 100% foi capaz de diminuir a IIC 15 min e 30min após a estimulação quando comparado ao baseline, enquanto a rPMS a 90% foi capaz de aumentar a IIC 30min após a estimulação. **Conclusão:** os resultados mostram que os efeitos corticais gerados pela rPMS dependem da frequência e intensidade da estimulação. Este estudo sugere que maiores frequências e intensidades de estimulação são mais eficazes para induzir efeitos neuroplásticos no córtex motor, destacando importância da parametrização precisa da rPMS para maximizar seus benefícios terapêuticos

Palavras-chave: Estimulação magnética periférica, excitabilidade corticomotora, neuromodulação

Introdução

A estimulação magnética periférica repetitiva - do inglês *repetitive peripheral magnetic stimulation* (rPMS) - consiste na aplicação de pulsos magnéticos no sistema nervoso periférico (1). Tal técnica é inovadora no meio da neuromodulação não invasiva, principalmente quando comparada à estimulação elétrica periférica. Apesar de ambas as técnicas de estimulações serem capazes de promover uma ativação sensorial e muscular (2), a estimulação por pulsos magnéticos pode apresentar vantagens comparada à estimulação elétrica. Uma vez que o campo magnético atravessa qualquer meio, sem atenuação de energia, a rPMS permite a estimulação de músculos mais profundos sem o contato mecânico. Além disso, estimulação magnética raramente causa dor durante a prática clínica devido sua fraca capacidade de recrutamento da fibra aferente sensorial cutânea (3).

Apesar de recente, estudos já mostram a utilidade da rPMS no tratamento de disfunções sensório-motoras em pacientes pós-accidente vascular encefálico (AVE), bem como na redução de dores crônicas em condições neurológicas e musculoesqueléticas (1,3,4). Além da ação na função muscular e nervosa periférica, a rPMS também promove efeitos sobre o sistema nervoso central (SNC) como o fortalecimento sináptico no corno ventral da medula espinal e alterações na ativação frontoparietal entre os córtices sensorial e motor, além da regulação da excitabilidade motora corticoespinal e intracortical (5,6).

Apesar do reconhecido potencial clínico da rPMS, a diversidade de possíveis configurações de parâmetros pode dificultar sua implementação na prática clínica. Sabendo-se que os efeitos da aplicação da estimulação magnética no encéfalo, técnica denominada de estimulação magnética transcraniana repetitiva - do inglês *repetitive transcranial magnetic stimulation* (rTMS) são dependentes dos parâmetros de estimulação, hipotetiza-se que os efeitos produzidos pela rPMS também sejam. Portanto, é importante realizar pesquisas para determinar os efeitos dependentes dos parâmetros da rPMS, facilitando assim a aplicação clínica desta tecnologia e o aproveitamento pleno de seus benefícios. O presente visou investigar se os efeitos produzidos pela rPMS sobre o sistema nervoso central eram dependentes da frequência e da intensidade da estimulação.

Materiais e métodos

Desenho, local e período de realização do estudo

Foi realizado um estudo piloto, do tipo *crossover*, contrabalanceado e duplo cego, no Laboratório de Neurociência Aplicada (LANA), do Departamento de Fisioterapia da

Universidade Federal de Pernambuco (DeFisio/UFPE - Recife, Brasil), durante o período de agosto de 2022 a janeiro de 2024.

Aspectos éticos

Este estudo foi elaborado considerando as diretrizes da resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e seus métodos foram executados sob a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) envolvendo seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da UFPE - 5706060.

População/amostra

A amostra do presente estudo foi composta por indivíduos autodeclarados saudáveis. O recrutamento de voluntários se deu através das plataformas de mídia digital e por convite oral nos departamentos da UFPE. Após serem recrutados, os voluntários foram avaliados presencialmente e os que se adequaram aos critérios de elegibilidade assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e foram incluídos na pesquisa.

Critérios de elegibilidade

Foram incluídos no estudo indivíduos de ambos os sexos, autodeclarados saudáveis, com idade entre 18 e 45 anos e destros, com averiguação através do Inventário de Dominância de Edimburgo (7). Foram excluídos os indivíduos que apresentaram histórico de crise convulsiva, gravidez, epilepsia, implante metálico na cabeça, face, coluna ou coração, diagnóstico de doença neurológica ou traumato-ortopédica que comprometesse os processos de avaliação ou intervenção e uso de substâncias que alteram a excitabilidade do sistema nervoso, como benzodiazepínicos e antidepressivos.

Procedimentos experimentais

O presente estudo foi dividido em duas fases que serão descritas a seguir. Na fase 1 do estudo foi observado o efeito de diferentes frequências da rPMS sobre a atividade elétrica cortical. Enquanto a fase 2 testou o efeito de diferentes intensidades.

Na fase 1 do estudo, todos os voluntários foram submetidos a três sessões experimentais com diferentes frequências da rPMS (1 Hz, 10 Hz e 25 Hz). Na fase 2 do estudo, Para intensidade, do mesmo modo que para as diferentes frequências, todos os voluntários foram submetidos a três sessões de rPMS experimentais com diferentes intensidades (90% do LMR, 100% do LMR e 110% do LMR).

Para que não houvesse somação entre os efeitos das diferentes sessões, em ambas as fases, foi determinado um período de pelo menos seis dias entre elas (período de wash-out).

Para cada fase, a ordem das sessões foi determinada de forma contrabalanceada através do site www.randomization.com, por um pesquisador externo ao estudo. A randomização de cada voluntário foi colocada em envelopes selados, enumerados e opacos e apenas o pesquisador responsável pela estimulação teve acesso, visto que o voluntário e o avaliador eram cegos para estimulação.

Em cada sessão de ambas as fases, para testar os efeitos sobre a atividade elétrica cortical, os voluntários passaram por quatro avaliações: (a) T0 - antes da rPMS; (b) T1 - imediatamente após a rPMS; (c) T2 - 15 minutos após a rPMS e (d) T3 - 30 minutos após o fim da rPMS. O delineamento metodológico de cada fase do estudo está apresentado na figura 1.

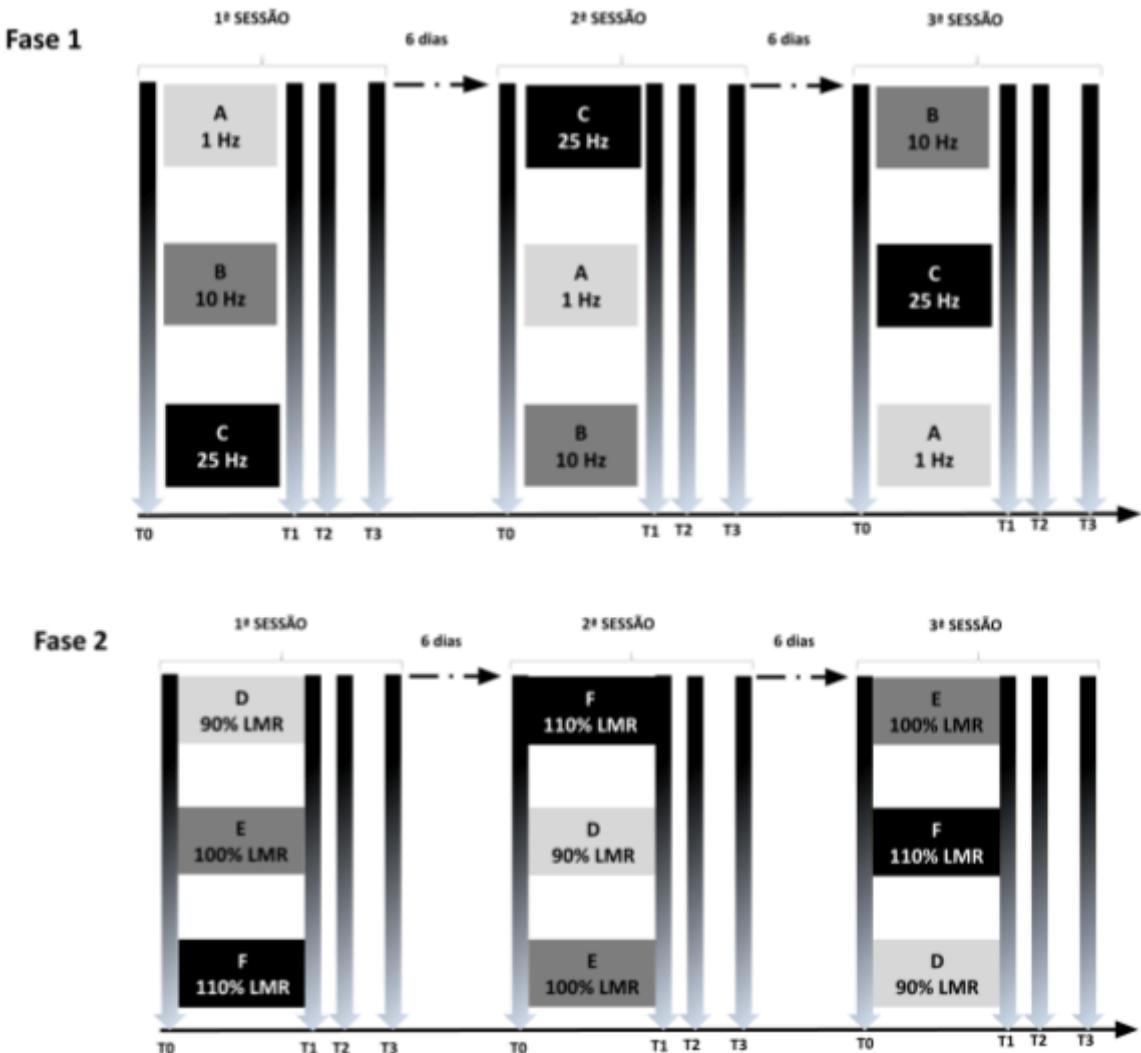


Figura 1. Delineamento metodológico do estudo.

T0: antes da rPMS, T1: imediatamente após a rPMS, T2: 15 minutos após a rPMS e T3: 30 minutos após a rPMS. As caixas da mesma cor sinalizam as sequências da randomização, na qual todos os voluntários passaram por todas as diferentes sessões.

Medidas de desfecho

Para avaliar os efeitos sobre a atividade elétrica cortical, foram medidas a excitabilidade cortical como desfecho primário e as conexões intracorticais facilitatórias e inibitórias como desfechos secundários.

Excitabilidade cortical

Através do potencial evocado motor evocado (PEM) pela estimulação magnética transcraniana de pulso único (sp-TMS do inglês, single pulse transcranial magnetic stimulation) foi verificada a excitabilidade cortical. Para registro do PEM, inicialmente os voluntários sentaram-se confortavelmente em uma cadeira reclinável com os braços relaxados sobre um travesseiro. Em seguida, uma bobina em figura de oito ligada ao estimulador magnético transcraniano Rapid² (Magstim Company Ltd., Reino Unido) foi posicionada no córtex motor primário esquerdo (ponto de referência C3 do sistema 10/20 da encefalografia) dos indivíduos para que o *hotspot* fosse localizado. *Hotspot* corresponde a região do escalpo na qual a sp-TMS evoca maior contração motora no músculo alvo. No hotspot, foi registrado o limiar motor de repouso (LMR) do músculo primeiro interósseo dorsal (PID), definido como a menor intensidade de saída do estimulador capaz de induzir um PEM de, pelo menos, 50 μ V, seguindo o *software* MTAT (8). A amplitude dos PEMs foi mensurada através da eletromiografia de superfície do PID (CED 1401, CED, UK). Para isso, foi realizada uma montagem bipolar de eletrodos em tal músculo, sendo posicionado um eletrodo no ventre muscular, outro na falange do primeiro metacarpo e o terceiro no processo estilóide da ulna (9). O sinal do eletromiógrafo foi amplificado em 1000x, foi utilizado um filtro passa faixa (1 Hz e 2000 Hz) e a frequência de base foi de 5000 Hz (8). Para o registro sequencial de PEMs, a sp-TMS foi administrada em uma intensidade de 120% do LMR. Apenas PEMs que apresentassem amplitude maior que 50 μ V foram considerados (8). Em cada momento de avaliação (T0, T1, T2 e T3) foram registradas uma série de 10 PEMs.

Conexões intracorticais facilitatórias

As conexões intracorticais facilitatórias, mediadas pelos circuitos glutamatérgicos no córtex motor (10), foram avaliadas através da medida de facilitação intracortical (FIC) induzida pela TMS de pulso pareado (pp-TMS do inglês, *paired pulse transcranial magnetic stimulation*). Para esta medida, um pulso magnético condicionante sublimiar, a 80% do LMR, precedeu em intervalos de 8 a 15 milissegundos um pulso magnético teste supralimiar, disparado a 120% do LMR (11). Sobre o hotspot do PID, 10 registros sequenciais de FIC foram realizados em cada momento da avaliação (T0, T1, T2 e T3).

Conexões intracorticais inibitórias

As conexões intracorticais inibitórias, mediadas pelos circuitos gabaérgicos no córtex motor (10), foram avaliadas através da medida de inibição intracortical de curta duração (IIC) induzida pela pp-TMS. Para esta medida, um pulso magnético condicionante sublimiar, a 80% do LMR, precedeu em intervalos de 1 a 4 milissegundos um pulso magnético teste supralimiar, disparado a 120% do LMR (11). Sobre o hotspot do PID, 10 registros sequenciais de IIC foram realizados em cada momento da avaliação (T0, T1, T2 e T3)

Estimulação magnética periférica repetitiva

De início, foi determinado o local de maior contração do músculo extensor radial do carpo do braço direito, capaz de realizar extensão e desvio ulnar do punho, utilizando uma bobina em figura de oito posicionada perpendicularmente ao ventre muscular. Em seguida, foi determinado o LMR, definido como a mínima intensidade de saída do estimulador capaz de gerar abalos musculares visíveis no músculo referido. Por último, foi realizada a rPMS.

Na fase 1 do estudo, três diferentes frequências de rPMS (1Hz, 10Hz e 20Hz) foram testadas. A rPMS foi aplicada com 2400 pulsos no total a 100% do LMR com configurações da estimulação (número de pulsos no trem, número de trens e intervalos entre os trens) estabelecidos a depender da frequência respeitando os critérios de segurança estabelecidos em diretrizes internacionais (12) (ver quadro abaixo)

Quadro 1 - parâmetros da rPMS para fase 1

Frequência	Número de pulsos no trem	Número de trens	Intervalo entre trens (seg)
1 Hz	240	10	5
10 Hz	50	48	20
25 Hz	60	40	20

Para a fase 2, diferentes intensidades da rPMS (90%, 100% e 110%) foram testadas. A rPMS foi realizada a uma frequência de 25 Hz com 2400 pulsos no total (60 pulsos no trem, 40 trens e intervalo de 20s).

Análise dos dados

Inicialmente, os valores brutos do PEM, IIC e FIC que destoavam da média em duas vezes o desvio padrão para mais e para menos foram considerados *outliers* e foram retirados da amostra final, mantendo um número de pelo menos oito registros para cada medida. Para melhor observação eletrofisiológica do PEM, IIC e FIC, os dados da avaliação no tempo (T0, T1, T2 e T3) foram normalizados pela medida basal (T0).

Posteriormente, a normalidade dos dados ajustados (PEM, IIC e FIC) foi avaliada através do teste de Shapiro-Wilk. Uma vez verificado que os dados ajustados não respeitaram uma distribuição normal, o teste de Wilcoxon foi utilizado para comparação e intra-sessões (T0, T1, T2 e T3) para cada sessão de cada fase do estudo.

Toda análise estatística foi realizada no software SPSS v28.0, no qual foi considerado um valor estatístico significativo de $p < 0,05$.

Resultados

Fase 1

A maior parte da amostra foi composta por mulheres e a média de idade dos voluntários de 23,6 ($\pm 2,25$), como mostra a tabela 1.

Tabela 1. Caracterização da amostra da fase 1 do estudo

Sexo, n (%)	Feminino 9 (60%) Masculino 6 (40%)
Idade, média em anos (DP)	23,6 (2,25)
Dominância, n (%)	Destros 15 (100%)

Dezoito voluntários foram recrutados na triagem. Destes, 3 foram excluídos por não cumprirem com os critérios de inclusão ou não apresentarem disponibilidade para a realização das coletas. Quinze voluntários foram incluídos no estudo. Ao longo das coletas, houve a perda dos dados de uma sessão para um voluntário e um não foi coletada sua última sessão por falta de disponibilidade (Figura 2).

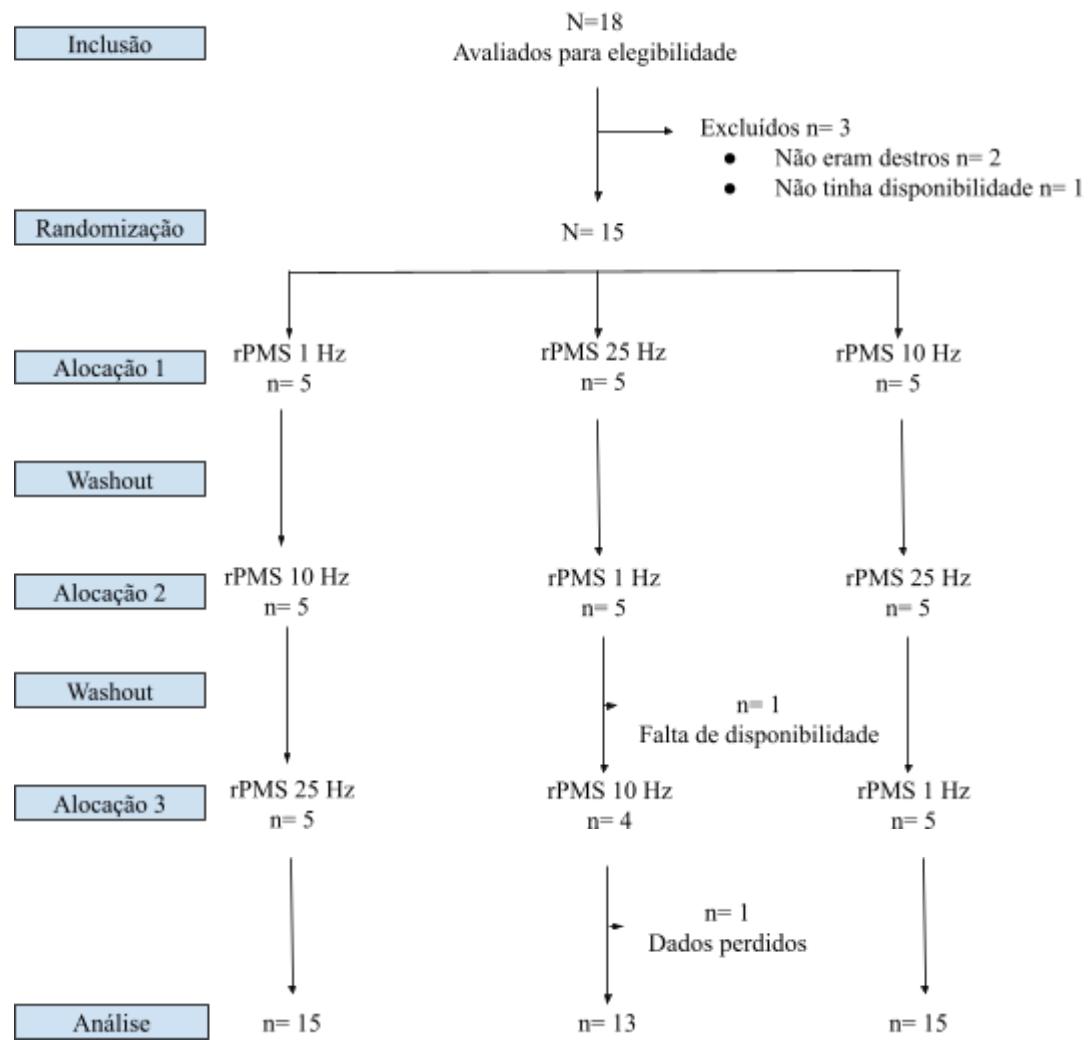


Figura 2. Fluxograma da fase 1 do estudo

Diferentes frequências de rPMS (1Hz, 10Hz e 25Hz) não parecem impactar nas medidas do PEM e da FIC, já que os resultados obtidos para as referidas medidas não se mostraram diferentes após a estimulação em comparação com os valores de T0 (baseline) (Figuras 3.A e 3.B). No que diz respeito a IIC, rPMS de alta frequência (25Hz) parece atenuar as conexões intracorticais inibitórias 30 minutos após a aplicação da estimulação em comparação com os valores de T0 baseline ($Z=-2,385$; $p=0,017$) (Figura 3.C).

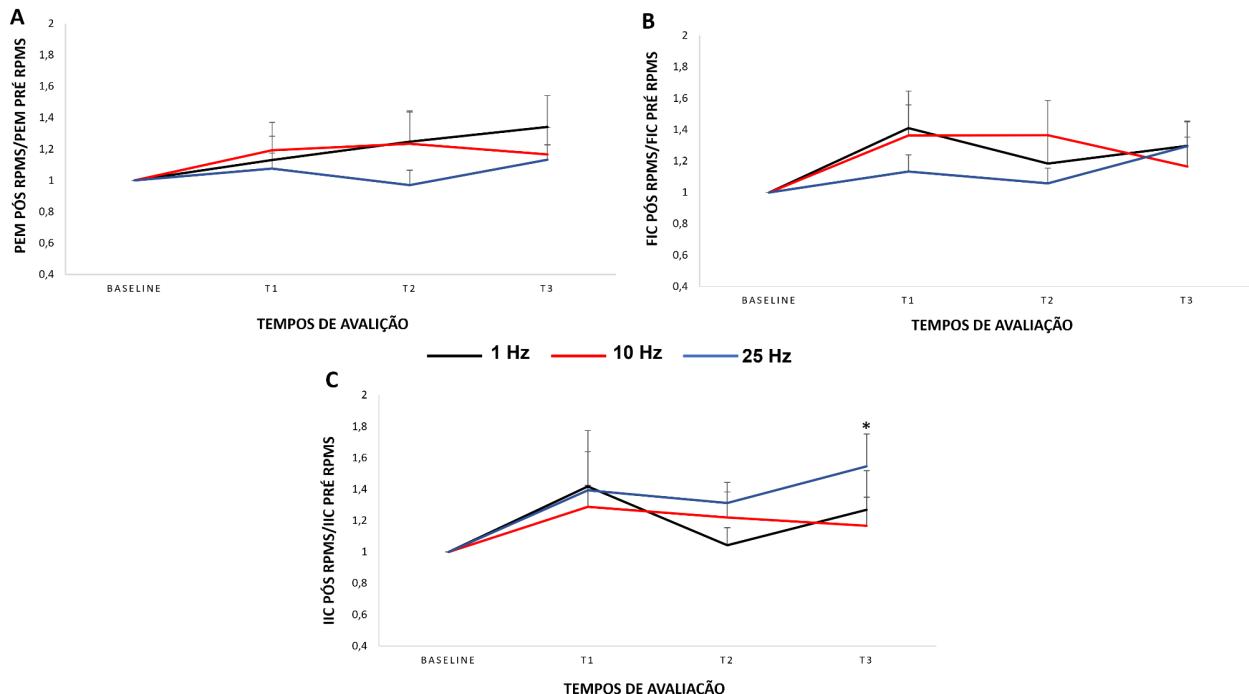


Figura 3. média e erro padrão do potencial evocado motor (PEM) (3.A), da facilitação intracortical (FIC) (3.B) e inibição intracortical (IIC) (3.C) em diferentes frequências: 1Hz (linha preta), 10Hz (linha vermelha) e 25Hz (linha azul) antes (T0), imediatamente(T1), 15min (T2) e 30min (T3) após aplicação da rPMS. Os dados estão apresentados normalizados pelo valor pré-intervenção (T0)

Fase 2

A maior parte da amostra foi composta por mulheres e a média de idade dos voluntários de 23,6 ($\pm 2,25$), como mostra a tabela 2.

Tabela 2. Caracterização da amostra da fase 2 do estudo

Sexo, n (%)	Feminino 8 (57,14%) Masculino 6 (48,85%)
Idade, média em anos (DP)	23,64 (2,34)
Dominância, n (%)	Destros 14 (100%)

Dezoito voluntários foram recrutados na triagem. Destes, 3 foram excluídos por não cumprirem com os critérios de inclusão ou não apresentarem disponibilidade para a realização das coletas. Quinze voluntários foram randomizados e alocados para os 3 grupos, sendo 5 em cada um deles. Ao longo das coletas, houve a perda dos dados de um voluntário. Assim, os dados de 14 voluntários foram incluídos na análise das sessões, como mostra o fluxograma abaixo (Figura 4).

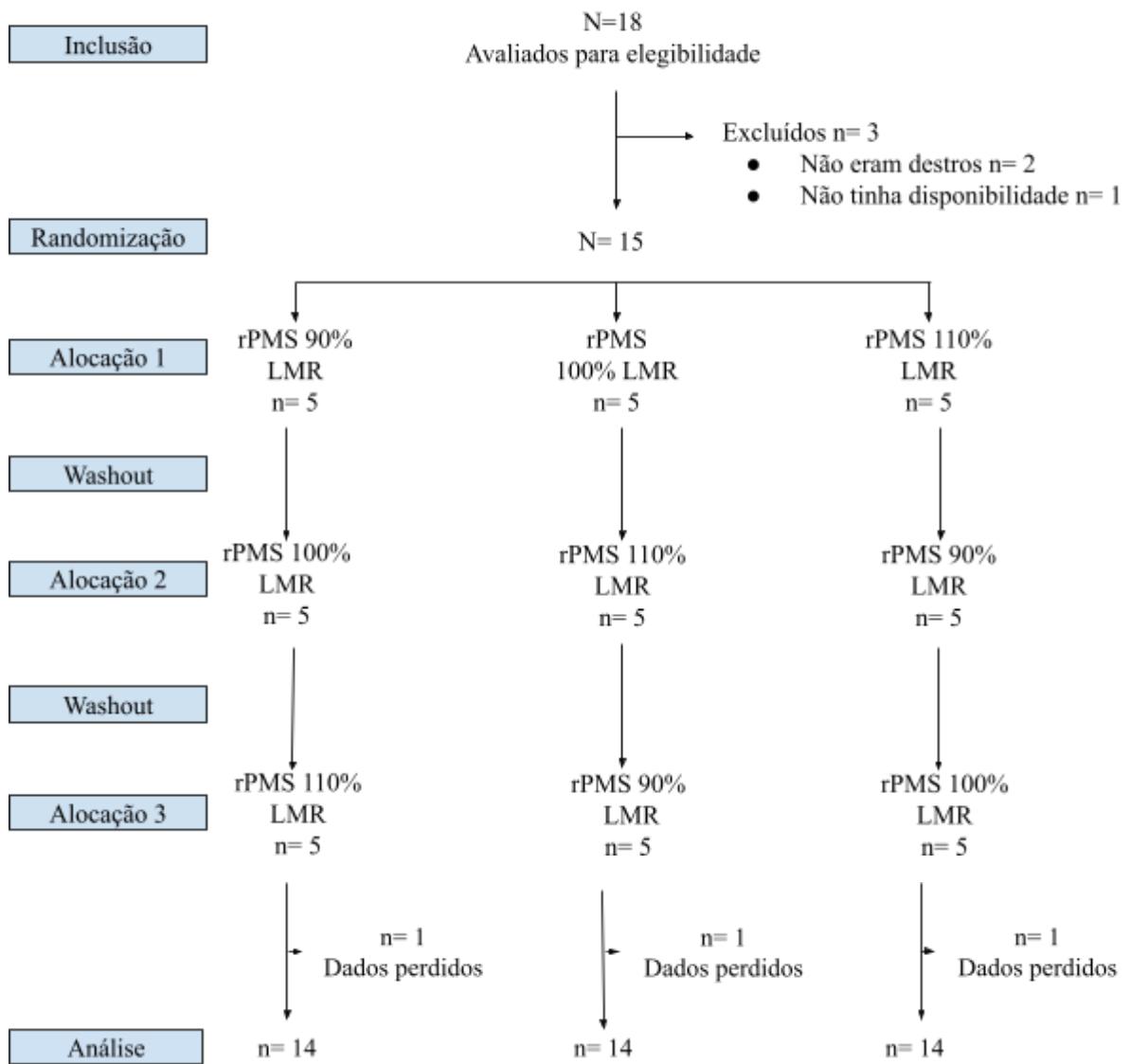


Figura 4. Fluxograma fase 2 do estudo

Diferentes intensidades de rPMS (90%, 100% e 110%) parecem impactar de modo diverso nas medidas do PEM, da FIC e da IIC.

Estimulações supralimiares, ou seja, a 110%, parecem promover: (i) um aumento a curto prazo (após 15 min da rPMS) da excitabilidade cortical quando comparado aos valores de baseline ($Z=-2,166$; $p=0,030$) (figura 5.A) e (ii) um aumento das conexões glutamatérgicas a curto ($Z=-2,542$; $p=0,011$) e longo prazo ($Z=-2,731$; $p=0,006$) (após 15 e 30 min da rPMS, respectivamente) - veja Figura 5.B. Já estimulações realizadas a 100% do LMR parecem atenuar as conexões gabaérgicas a curto ($Z=-2,040$; $p=0,041$) e longo prazo ($Z=-2,794$; $p=0,005$) (após 15 e 30 min da rPMS, respectivamente). Em contrapartida, quando comparado aos valores de

baseline, estimulações sublimiares, ou seja, a 90%, parecem promover um aumento das conexões inibitórias a longo prazo (30 minutos após a rPMS) ($Z=-2,480$; $p:0,013$) - veja Figura 5.C.

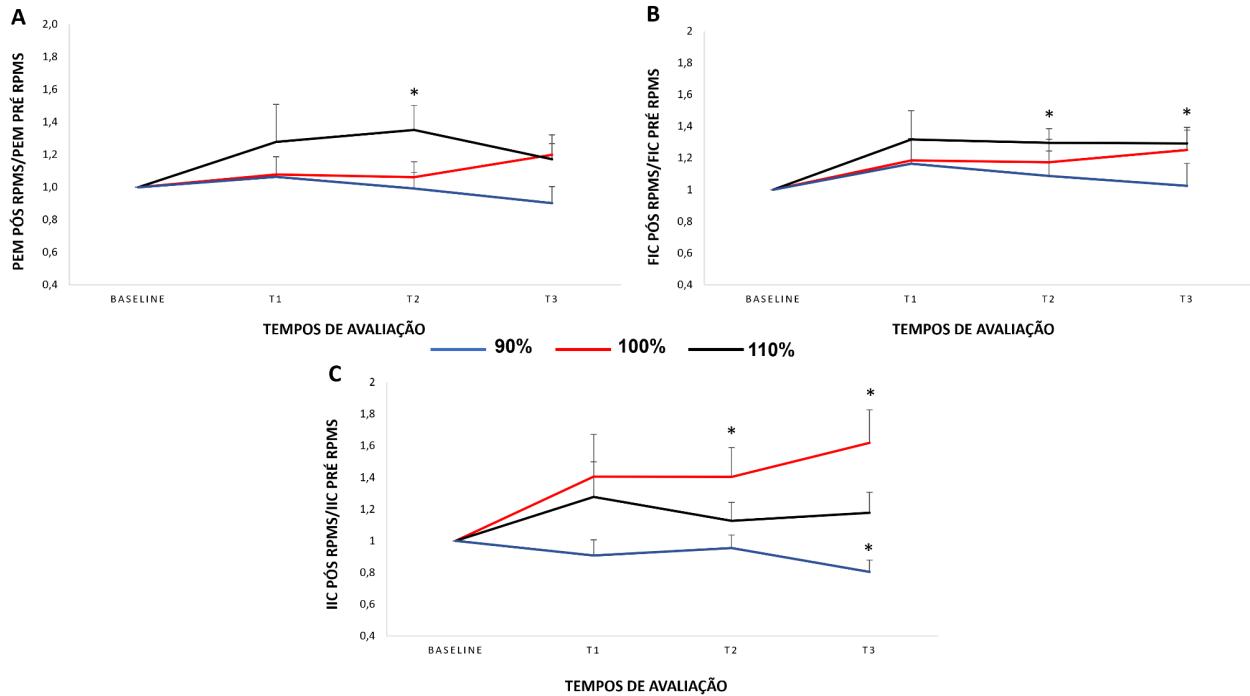


Figura 5. média e erro padrão do potencial evocado motor (PEM) (5.A), da facilitação intracortical (FIC) (5.B) e inibição intracortical (IIC) (5.C) em diferentes intensidades: 100% do limiar motor de repouso (LMR) (linha vermelha), 110% do limiar motor de repouso (LMR) (linha preta) e 90% do limiar motor de repouso (LMR) (linha azul) antes (T0), imediatamente(T1), 15min (T2) e 30min (T3) após aplicação da rPMS. Os dados estão apresentados normalizados pelo valor pré-intervenção (T0)

Discussão

Fase 1 - Frequência

O experimento teve como objetivos investigar o efeito de diferentes frequências da rPMS sobre a excitabilidade cortical e conexões intracorticais de indivíduos saudáveis. Conforme demonstrado nos resultados, os efeitos da rPMS aplicada sobre o nervo radial são dependentes da frequência da estimulação. A rPMS aplicada a 25 Hz parece induzir uma atenuação das conexões intracorticais inibitórias a longo prazo (ao menos até 30 minutos).

Já se sabe que a rPMS é capaz de alterar a atividade do SNC. Tal técnica é capaz de aumentar o fluxo sanguíneo em áreas pré-motoras, parietais e cíngulo (4). Entretanto, os mecanismos pelos quais os efeitos neuromodulatórios são promovidos pela rPMS ainda não estão totalmente elucidados na literatura. É possível que esta promova um recrutamento preferencial de vias aferentes através de uma ativação direta de receptores sensoriais, com mínima ativação de mecanorreceptores musculares (3).

Gallasch e col. realizaram um estudo aplicando a rPMS em indivíduos saudáveis e nele foi visto que a frequência de 10 Hz não foi capaz de alterar a excitabilidade cortical, mensurada através do PEM. Já para a estimulação a 25 Hz, a rPMS foi capaz de aumentar as conexões facilitatórias após 30 minutos da rPMS (13). Tais achados corroboram parcialmente com o que foi visto pelo presente estudo, visto que as estimulações a 1 Hz e 10 Hz não foram capazes de promover alterações sobre a excitabilidade cortical e conexões intracorticais, enquanto a de 25 Hz não foi capaz de aumentar as conexões intracorticais facilitatórias. Já o estudo de Nito e col., um estudo mais recente, demonstrou que a amplitude do PEM foi aumentada, as conexões facilitatórias fortalecidas e as inibitórias, atenuadas, quando a rPMS foi aplicada a 25 Hz (14). Tal resultado vai de encontro com o encontrado no estudo para o PEM e a FIC, enquanto a IIC seguiu o mesmo padrão. Entretanto, algumas diferenças metodológicas entre os estudos podem estar relacionadas com as discrepâncias entre os resultados.

Nito e col. (2021) aplicaram a rPMS com 8000 e 15000 pulsos e Gallasch e col. (2015), 6000 e 15000, enquanto no presente experimento foram realizados 2400 pulsos. Além disso, as intensidades de estimulação aplicadas nos estudos foram mais altas que as aplicadas neste estudo (100% do LMR), sendo de 120% (Nito) e 150% (Gallasch). Essas diferenças entre os parâmetros aplicados na aplicação da rPMS talvez possam explicar os diferentes achados nos resultados entre os estudos.

Fase 2 - Intensidade

O presente experimento investigou o efeito de diferentes intensidades da rPMS sobre a excitabilidade cortical e conexões intracorticais de indivíduos saudáveis. Conforme demonstrado nos resultados, os efeitos da rPMS aplicada sobre o nervo radial também são dependentes da intensidade da estimulação. Alterações nos valores de PEM, FIC e IIC ao longo do tempo dentro de cada grupo foram identificadas. Houve um aumento do PEM a curto prazo (15 minutos) quando a rPMS foi aplicada a 110% do LMR, enquanto a FIC apresentou mudanças a curto e longo prazo (30 minutos) para a intensidade de 110%. Para a IIC, houve uma diminuição das conexões a curto e longo prazo quando aplicada a 100% do LMR e um aumento apenas a longo prazo para a intensidade de 90%.

Segundo Nito e col. (2021), a rPMS quando aplicada em intensidades mais altas, associada a uma frequência de 25 Hz, é capaz de aumentar a excitabilidade cortical, bem como aprimorar as conexões facilitatórias e atenuar as inibitórias após pelo menos 15 minutos da estimulação. Com isso, é visto que para o PEM, a FIC e a IIC este estudo segue os

mesmos padrões encontrados na literatura, visto que as conexões intracorticais inibitórias foram atenuadas em intensidades mais altas e aumentadas em intensidades mais baixas. Apesar de diferenças a longo prazo não terem sido encontradas nos valores de PEM após estimulações com maiores intensidades como previamente mostrado no estudo de Nito e col. (2021), um outro estudo de Jia e col. (2021) já havia alcançado resultados similares ao do presente experimento. Os autores aplicaram a estimulação a 150% do LMR utilizando uma frequência de 20 Hz e também obtiveram maiores valores de PEM apenas a curto prazo após a rPMS quando aplicada a uma maior intensidade. A diferença entre os achados do presente experimento e os achados dos dois estudos citados anteriormente nesse parágrafo pode ser explicada pela diferença metodológica entre os estudos, visto que Nito e col. (2021) aplicaram a rPMS apenas a uma intensidade mais alta (120%) e o número de pulsos aplicados foi maior, o que possivelmente também é um parâmetro relevante para a rPMS.

O fato da rPMS aplicada em maiores intensidades ter - em parte - aumentado a excitabilidade cortical (através de mudanças positivas nos valores de PEM e FIC) dos indivíduos saudáveis do presente experimento é potencialmente relevante para a transposição desses resultados para a clínica. De fato, a literatura tem mostrado que quando aplicada em maiores intensidades, a rPMS é capaz de ativar fibras de baixo limiar, como aferentes Ia e Ib e axônios motores alfa, sendo a estimulação capaz de ativar tecidos mais profundos, quando comparada a estimulação elétrica, o que possivelmente torna a estimulação magnética mais eficaz no que diz respeito ao aumento da excitabilidade cortical devido ao maior input sensorial promovido do que a estimulação elétrica (14). Além disso, estudos mostram que um dos possíveis mecanismos de atuação da rPMS é a indução de input proprioceptivo pela ação direta de fibras nervosas sensório-motoras e a ativação indireta de mecanorreceptores durante um ciclo rítmico de contração-relaxamento e vibração muscular, que pode induzir uma reorganização e plasticidade no sistema sensório-motor cortical (5,15). Esse aumento do input proprioceptivo para S1 através da via sensorial ascendente pode conduzir uma reorganização em M1 pelas conexões estruturais e funcionais entre S1 e M1 e esse circuito neural realiza um papel de efeitos neuromodulatórios da excitabilidade cortical (15).

De acordo com os achados deste experimento, os resultados podem indicar uma ativação aprimorada das conexões sinápticas corticomotoras e das vias corticoespinal em indivíduos saudáveis. Tais achados, se replicados em populações com algum tipo de disfunção sensório-motora, podem constituir um avanço na busca de novas ferramentas capazes de potencializar a reabilitação motora de indivíduos com as mais variadas disfunções.

Conclusão

Os resultados do estudo mostram que os efeitos corticais induzidos pela rPMS são dependentes da frequência e da intensidade de estimulação, sugerindo que maior frequência e intensidade da rPMS são mais eficientes em produzir efeitos neuroplásticos no córtex motor. Tais achados destacam a importância da parametrização precisa da rPMS para maximizar seus benefícios terapêuticos.

Conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento

O presente estudo não recebeu financiamento. F.A.L. recebeu apoio financeiro pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Referências

1. Kanjanapanang N, Chang KV. Peripheral Magnetic Stimulation. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
2. Matsuda T, Kurayama T, Tagami M, Fujino Y, Manji A, Kusumoto Y, et al. Influence of peripheral magnetic stimulation of soleus muscle on H and M waves. *J Phys Therapy Sci.* 2018 May;30(5):716–8.
3. Beaulieu LD, Schneider C. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on normal or impaired motor control. A review. *Neurophysiol Clin.* 2013 Oct;43(4):251–60.
4. Beaulieu LD, Schneider C. Repetitive peripheral magnetic stimulation to reduce pain or improve sensorimotor impairments: A literature review on parameters of application and afferents recruitment. *Neurophysiol Clin.* 2015 Sep;45(3):223–37.
5. Struppler A, Binkofski F, Angerer B, Bernhardt M, Spiegel S, Drzezga A, et al. A fronto-parietal network is mediating improvement of motor function related to repetitive peripheral magnetic stimulation: A PET-H2O15 study. *Neuroimage.* 2007 Mar 31;36 Suppl 2:T174–86.
6. Krause P, Straube A. Peripheral repetitive magnetic stimulation induces intracortical inhibition in healthy subjects. *Neurol Res.* 2008 Sep;30(7):690–4.
7. Espírito-Santo H, Pires CF, Garcia IQ, Daniel F, Silva AG da, Fazio RL. Preliminary validation of the Portuguese Edinburgh Handedness Inventory in an adult sample. *Appl Neuropsychol Adult.* 2017 Feb 22;24(3):275–87.

8. Groppa S, Oliviero A, Eisen A, Quartarone A, Cohen LG, Mall V, et al. A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: report of an IFCN committee. *Clin Neurophysiol*. 2012 May;123(5):858–82.
9. Tedesco Triccas L, Hughes AM, Burridge JH, Din AE, Warner M, Brown S, et al. Measurement of motor-evoked potential resting threshold and amplitude of proximal and distal arm muscles in healthy adults. A reliability study. *J Rehabil Assist Technol Eng*. 2018 Apr 2;5:2055668318765406.
10. Ho K, Cirillo J, Ren A, Byblow WD. Intracortical facilitation and inhibition in human primary motor cortex during motor skill acquisition. *Exp Brain Res*. 2022 Dec;240(12):3289–304.
11. Chen R, Tam A, Bütfisch C, Corwell B, Ziemann U, Rothwell JC, et al. Intracortical inhibition and facilitation in different representations of the human motor cortex. *J Neurophysiol*. 1998 Dec;80(6):2870–81.
12. Rossi S, Antal A, Bestmann S, Bikson M, Brewer C, Brockmöller J, et al. Safety and recommendations for TMS use in healthy subjects and patient populations, with updates on training, ethical and regulatory issues: Expert Guidelines. *Clin Neurophysiol*. 2021 Jan;132(1):269–306.
13. Gallasch E, Christova M, Kunz A, Rafolt D, Golaszewski S. Modulation of sensorimotor cortex by repetitive peripheral magnetic stimulation. *Front Hum Neurosci*. 2015 Jul 14;9:407.
14. Nito M, Katagiri N, Yoshida K, Koseki T, Kudo D, Nanba S, et al. Repetitive Peripheral Magnetic Stimulation of Wrist Extensors Enhances Cortical Excitability and Motor Performance in Healthy Individuals. *Front Neurosci*. 2021 Feb 18;15:632716.
15. Jia Y, Liu X, Wei J, Li D, Wang C, Wang X, et al. Modulation of the Corticomotor Excitability by Repetitive Peripheral Magnetic Stimulation on the Median Nerve in Healthy Subjects. *Front Neural Circuits*. 2021 Mar 18;15:616084.