



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
CURSO DE FISIOTERAPIA
PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



Overflow Motor Induzido pela Fatigabilidade da Preensão Palmar em Mulheres
Destras: Um Estudo Experimental Controlado

Motor Overflow Induced by Handgrip Fatigue in Right-Handed Women: A Controlled
Experimental Study

ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO EDUARDO DE ARAUJO

ALUNA: SARAH NOBILE BORIN

COLABORADORES: KELLY ZHANG E GUSTAVO HENRIQUE DE MELLO ROSA

RIBEIRÃO PRETO – SP

2026

RESUMO

Introdução: A fisioterapia neurofuncional desempenha um papel essencial na reabilitação de disfunções neuromusculares, empregando técnicas como a Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) para otimizar o recrutamento motor. O overflow motor, caracterizado pela ativação involuntária de músculos sinérgicos ou contralaterais, é amplamente estudado em populações neurológicas, mas sua relação com a preensão palmar e a fadigabilidade em indivíduos saudáveis permanece pouco explorada. Evidências sugerem que a fadiga muscular pode intensificar a irradiação neural, recrutando unidades motoras adicionais para manter a função em tarefas repetitivas. Nosso objetivo é investigar a ocorrência e a magnitude do overflow motor em resposta à fadigabilidade induzida por preensão palmar. **Metodologia:** Serão avaliadas 120 mulheres destros, entre 18 e 30 anos, distribuídas em quatro grupos: controle com preensão palmar direita (CD), controle com preensão esquerda (CE), overflow direita (OD) e overflow esquerda (OE). Os grupos CD e CE realizarão contrações palmares até atingirem uma queda $\geq 30\%$ na contração isométrica voluntária máxima (CIVM), com ciclos de 6 segundos de contração e 9 segundos de repouso, repetidos após 20 minutos. Nos grupos OD e OE, a preensão palmar será associada à flexão do dedo indicador contralateral, seguindo os mesmos critérios de fadigabilidade e protocolo de execução.

Palavras-chave: Dinamometria manual, Overflow motor, Preensão palmar

ABSTRACT

Introduction: Neurofunctional physiotherapy plays an essential role in the rehabilitation of neuromuscular dysfunctions, using techniques such as Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) to optimize motor recruitment. Motor overflow, characterized by the involuntary activation of synergistic or contralateral muscles, is widely studied in neurological populations, but its relationship with handgrip and fatigability in healthy individuals remains little explored. Evidence suggests that muscle fatigue can intensify neural irradiation, recruiting additional motor units to maintain function in repetitive tasks. Our aim is to investigate the occurrence and magnitude of motor overflow in response to fatigue induced by handgrip. **Methodology:** 120 right-handed women between the ages of 18 and 30 will be assessed and divided into four groups: control with right hand grip (CD), control with left hand grip (CE), right overflow (OD) and left overflow (OE). The CD and CE groups will perform palmar contractions until they reach a $\geq 30\%$ drop in maximum voluntary isometric contraction (MVIC), with cycles of 6 seconds of contraction and 9 seconds of rest, repeated after 20 minutes. In the OD and OE groups, the palmar grip will be associated with flexion of the contralateral index finger, following the same fatigability criteria and execution protocol.

Keywords: Manual dynamometry, Motor overflow, Handgrip

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE	7
Justificativa	7
Hipótese	7
3. OBJETIVOS	8
3.1. Objetivo Geral	8
3.2. Objetivos Específicos	8
4. MATERIAL E MÉTODO	9
4.1. Desenho do estudo	9
4.2. Participantes da pesquisa	9
4.3. Grupos e randomização	10
4.4. Critérios de inclusão, não inclusão e exclusão	11
Critérios de inclusão	11
Critérios de não inclusão	11
Critérios de Exclusão	12
4.5. Dinamometria e Overflow	12
4.5.1. Protocolo de preensão palmar	13
4.6. Avaliação do Potencial Motor Evocado	14
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	16
6. RISCOS E BENEFÍCIOS	17
6.1. Riscos	17
6.2. Benefícios	17
7. PLANO DE TRABALHO E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	18
7.1. Plano de Trabalho	18
7.2. Cronograma de Execução	18
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
ANEXO A	22

1. INTRODUÇÃO

A fisioterapia neurofuncional é fundamental na reabilitação de disfunções neuromusculares, promovendo a ativação e o fortalecimento muscular por meio de diferentes abordagens (Shumway-Cook; Woollacott, 2017). A Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) se caracteriza pelo uso de estímulos sensoriais para potencializar a excitabilidade neuronal e otimizar o recrutamento muscular (Knott; Voss, 1968). Uma de suas propostas é potencializar a resposta motora contralateral ao lado afetado (Ivanenko et al., 2004). Nesse contexto, o overflow pode ser induzido para equilibrar a atividade bilateral em tarefas coordenadas e automáticas, como equilíbrio e locomoção, contribuindo para a homeostase dos membros (Doix et al., 2018).

O fenômeno biológico conhecido como overflow motor é bem documentado em populações com comprometimentos neuromotores, como pós Acidente Vascular Cerebral (AVC) e paralisia cerebral (Carr et al., 2017), mas ainda pouco explorado em indivíduos saudáveis. Estudos indicam que, à medida que um músculo se aproxima da fadigabilidade, o recrutamento adicional de unidades motoras pode ativar músculos sinérgicos e contralaterais (Latash et al., 2002). Esse mecanismo adaptativo pode prolongar a função durante tarefas repetitivas, como preensão palmar (Post et al., 2008). Além disso, a contração unilateral gera atividade nos músculos homólogos contralaterais, independentemente da presença de fadigabilidade (Doix et al., 2018), pela irradiação de overflow, devido ao recrutamento excessivo de unidades motoras e propagação do impulso neural (Brunnstrom, 1970; Shinohara et al., 2003).

A fadigabilidade muscular resulta da interação de múltiplos fatores, incluindo componentes periféricos, como a redução de substratos energéticos e o acúmulo de metabólitos, além de mecanismos associados à modulação do Sistema Nervoso Central (SNC) (Gandevia, 2001). Define-se como a perda gradual da capacidade de gerar força (Søgaard et

al., 2006) e pode ser quantificada através de parâmetros, como a Capacidade Isométrica Voluntária Máxima (CIVM), potência muscular e sinais eletromiográficos (Gandevia, 2001). Em contrações máximas de preensão palmar, uma redução de $\geq 30\%$ na CIVM é um critério para fadigabilidade relevante (Enoka & Duchateau, 2008), enquanto em tarefas de contrações sustentadas, quedas de 20-30% na força inicial também são indicativas (Balogun et al., 1991; Hunter et al., 2016). Além disso, a potência muscular pode ser avaliada rotineiramente em exames neuromusculares com o auxílio de um dinamômetro clínico portátil (Edwards et al., 1974).

Ainda assim, há uma lacuna na literatura quanto à relação entre o overflow e o número de repetições até a fadigabilidade muscular. Enquanto alguns estudos indicam que a fadigabilidade pode amplificar a irradiação neural, devido à exigência de recrutamento motor adicional (Carroll et al., 2002), outros argumentam que fatores como experiência motora, nível de treinamento e diferenças individuais podem modular esse efeito (Farthing et al., 2007). Dessa forma, compreender o momento e a intensidade do fenômeno pode auxiliar no desenvolvimento de novas intervenções.

Embora a fadigabilidade muscular se desenvolva gradualmente em contrações repetitivas (Søgaard et al., 2006), a relação entre overflow motor e o número de repetições até a exaustão permanece pouco compreendida. Enquanto algumas evidências sugerem que a fadiga amplifica a irradiação neural devido ao recrutamento motor adicional (Carroll et al., 2002), outros fatores, como experiência motora e nível de treinamento, podem modular esse efeito (Farthing et al., 2007). Assim, compreender quando e em que intensidade o overflow ocorre durante a fadiga muscular pode contribuir para novas abordagens terapêuticas. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo investigar a ocorrência e a magnitude do overflow motor em um estado de fadiga induzida por exercícios de preensão palmar.

2. JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE

Justificativa

O fenômeno do overflow motor tem sido amplamente investigado em populações com comprometimentos neurológicos, mas sua manifestação em indivíduos saudáveis e sua interação com a fadiga muscular ainda não estão completamente compreendidas. Evidências sugerem que a fadiga pode amplificar a irradiação neural, recrutando unidades motoras adicionais para compensar a perda de força (Carroll et al., 2002). No entanto, fatores como lateralidade, nível de treinamento e adaptações neurofisiológicas individuais podem modular esse efeito (Farthing et al., 2007).

Este estudo buscará avançar no entendimento da relação entre overflow e fadiga muscular em tarefas de preensão palmar. Os achados poderão fornecer novos insights sobre os mecanismos centrais e periféricos envolvidos no controle motor, além de contribuir para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas mais eficazes. A aplicação dos resultados poderá beneficiar programas de reabilitação e treinamento neuromotor, otimizando abordagens voltadas à recuperação funcional e ao desempenho motor.

Diante disso, a incorporação da mensuração dos potenciais evocados motores (MEPs) por EMT permitirá agregar, à avaliação funcional da força de preensão palmar, um parâmetro neurofisiológico de excitabilidade corticoespinal. Com isso, espera-se alcançar uma compreensão mais ampla dos efeitos da fadiga muscular induzida sobre o sistema motor e sobre o fenômeno do overflow em sujeitos saudáveis.

Hipótese

Espera-se que a fatigabilidade induzida pela preensão palmar amplifique o overflow motor, resultando em maior ativação involuntária de músculos sinérgicos e contralaterais nos

grupos experimentais em comparação aos grupos controle. Essa amplificação deverá ocorrer devido ao aumento do recrutamento de unidades motoras e à modulação suprasegmentar da excitabilidade cortical, influenciando a geração de força e a persistência do desempenho durante a tarefa. Ainda, espera-se que a mensuração dos MEPs identifique modificações na excitabilidade corticoespinal que estejam associadas às respostas funcionais da força de preensão palmar. Assim, pretende-se aprofundar o entendimento sobre a contribuição do desequilíbrio inter-hemisférico para o fenômeno do overflow e sobre o papel da excitabilidade cortical em sua modulação.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Avaliar a influência da fadigabilidade induzida por uma série de repetições de preensão palmar na ativação involuntária de músculos sinérgicos e contralaterais (overflow motor) durante uma atividade isométrica de flexão do dedo indicador de participantes saudáveis.

3.2 Objetivos Específicos

Examinar a relação entre o overflow motor e a fadigabilidade muscular após uma série de repetições de preensão palmar.

Analisar a geração de força durante uma atividade isométrica de flexão do dedo indicador a 70% da CIVM, considerando a influência da lateralidade e a preferência motora em mulheres saudáveis.

4. MATERIAL E MÉTODO

4.1 Desenho do estudo

O presente estudo será um ensaio experimental randomizado, controlado, simples cego e transversal, com quatro grupos. O estudo seguirá as diretrizes do Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) (Schulz, 2010) para garantir a qualidade metodológica e a transparência no relato dos procedimentos.

4.2 Participantes da pesquisa

Serão recrutados participantes saudáveis, do sexo feminino, na cidade de Ribeirão Preto – SP através de mídias sociais (Instagram dos membros do laboratório: Sarah Nobile Borin - @snborin_21, Kelly Zhang - @kellyzhg, Gustavo Henrique de Mello Rosa - @ghmrosa).

A participação no estudo será efetivada após apresentação de informações sobre a natureza da pesquisa, e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Serão descritos todos os procedimentos experimentais de maneira clara e, esclarecidas todas e quaisquer dúvidas durante o desenvolvimento do estudo, conforme a resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Todos os procedimentos descritos no projeto de pesquisa acontecerão no Laboratório de Neuropsicobiologia e Comportamento Motor, localizado no segundo andar, sala B-16 do Departamento de Ciências da Saúde da FMRP/USP. Os dados coletados serão tratados de forma confidencial e utilizados exclusivamente para fins científicos. Os resultados poderão ser divulgados em eventos e publicações acadêmicas, sem a identificação dos participantes. Além disso, os voluntários terão acesso aos seus próprios resultados, caso desejem, após a conclusão do estudo.

4.3 Grupos e randomização

Participarão deste estudo 120 participantes saudáveis do sexo feminino, com faixa etária entre 18 e 30 anos. Os voluntários serão aleatoriamente alocados em quatro grupos experimentais (n=30 por grupo) por meio do site RANDOM.ORG.

Cada participante será submetida a uma tarefa de preensão palmar até atingir a fadigabilidade muscular, definida como uma redução de $\geq 30\%$ na Capacidade Isométrica Voluntária Máxima (CIVM). As contrações serão sustentadas por 6 segundos, com 9 segundos de intervalo entre elas. Após a indução da fadigabilidade, haverá um período de descanso de 20 minutos, seguido da repetição do protocolo.

- Grupo controle com preensão palmar direita (CD): As participantes realizarão preensão palmar exclusivamente com a mão direita até atingir a fadigabilidade.

- Grupo controle com preensão palmar esquerda (CE): As participantes realizarão preensão palmar exclusivamente com a mão esquerda até atingir a fadigabilidade.

- Grupo Overflow direita (OD): As participantes realizarão a preensão palmar direita simultaneamente à flexão isométrica do dedo indicador esquerdo, até atingir a fadigabilidade da mão direita.

- Grupo Overflow esquerda (OE): As participantes realizarão preensão palmar esquerda simultaneamente à flexão isométrica do dedo indicador direito, até atingir a fadigabilidade da mão esquerda.

Adicionalmente, em virtude da disponibilidade do estimulador magnético transcraniano no Departamento de Ciências da Saúde da FMRP-USP, o protocolo será ampliado para incorporar uma subamostra com avaliação neurofisiológica da excitabilidade corticoespinhal. Mediante aprovação da emenda ao comitê de ética, serão recrutadas 13 participantes por grupo, totalizando 52 participantes da pesquisa. Essa etapa adicional seguirá critérios adicionais de elegibilidade, segurança para estimulação magnética e consentimento

livre e esclarecido por meio de TCLE específico. Destaca-se que as participantes incluídas na amostra original que não participam desta etapa permanecem no estudo sem necessidade de repetição de procedimentos, servindo a subamostra neurofisiológica como medida complementar.

4.4 Critérios de inclusão, não inclusão e exclusão

Critérios de inclusão

Participantes saudáveis, do sexo feminino, com idades entre 18 e 30 anos e com preferência motora para o membro superior direito. Para a interpretação dos resultados obtidos no trabalho, utilizaremos o Inventário de Lateralidade de Edinburgh, traduzido e validado para o nosso idioma e cultura, o que possibilita a inclusão de somente participantes com preferência motora nos membros superiores à direita (ESPÍRITO-SANTO, 2017). O teste é composto por 10 itens: escrever, desenhar, arremessar, usar uma tesoura, escovar os dentes, cortar com uma faca sem usar o garfo, usar a colher, usar uma vassoura, acender um fósforo e abrir uma jarra. As participantes da pesquisa responderão ao questionário de acordo com a sua preferência motora para a realização das tarefas no dia a dia (ANEXO A). A razão para selecionarmos apenas participantes destros está relacionada à falta de homogeneidade comportamental para os indivíduos canhotos (Przybyla, 2013).

Critérios de não inclusão

Sexo masculino, preferência motora para o membro superior esquerdo (canhotas ou ambidestras, conforme o Inventário de Lateralidade de Edinburgh), alterações ortopédicas que comprometam a função dos membros superiores, distúrbios neuromusculares diagnosticados que possam interferir na preensão palmar, tendências hemorrágicas ou doenças hematológicas que possam contraindicar esforços musculares intensos e incapacidade de compreensão da

língua portuguesa, escrita e falada. Para as participantes integrantes da subamostra neurofisiológica, adotam-se restrições adicionais de segurança, constituindo critérios específicos de não inclusão a presença de implantes metálicos na região cefálica e condições com potencial epileptogênico, tais como histórico pessoal de epilepsia ou o uso regular de fármacos anticonvulsivantes, fatores que contraindicam a aplicação de estimulação magnética transcraniana devido ao risco de interferência nos limiares de excitabilidade corticoespinal.

Crítérios de Exclusão

As participantes poderão ser excluídas do estudo caso apresentem, em qualquer momento do experimento: dor intensa ou desconforto durante os testes que impeçam a continuidade da avaliação, incapacidade de realizar o protocolo experimental conforme instruído, desistência voluntária, podendo se retirar do estudo a qualquer momento, sem prejuízo e as participantes que não conseguirem atingir pelo menos 70% da CIVM na aferição pós-teste.

4.5 Dinamometria e Overflow

As participantes serão posicionadas sentadas em uma cadeira, com o tronco alinhado, quadris e joelhos flexionados a 90° e pés apoiados no solo. Os braços permanecerão apoiados com os cotovelos a 90° e as mãos livres para executar a preensão palmar e a flexão isométrica do dedo indicador.

Para avaliar a força de preensão palmar será utilizado um dinamômetro de mão (Digital Hand Dynamometer, modelo DIGI-II–SH5003, Saehan, Masan 630-728, Korea). Esse equipamento será utilizado para quantificar a força máxima de preensão palmar antes e após a indução do overflow.

A força gerada pela flexão isométrica do dedo indicador, que induz o overflow motor, será mensurada por meio de um dinamômetro digital (Dyna Mop, Fitpulley, São Paulo, Brasil). Esse equipamento permitirá detectar a geração de força no dedo indicador durante a contração isométrica, permitindo avaliar os efeitos do overflow motor (Figura 1).

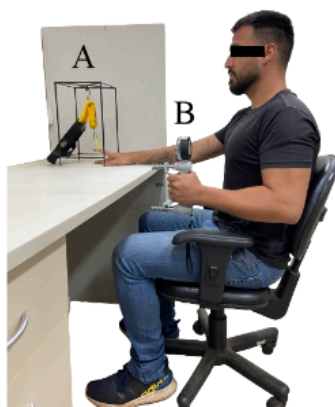


Fig 1. Figura representativa do posicionamento dos voluntários com a configuração experimental desenvolvida neste trabalho para mensurar a força produzida para a indução do overflow (A) e durante a avaliação de força de preensão palmar (B).



Fig 2. Figura representativa do posicionamento do paciente e do sistema desenvolvido para avaliar o overflow neste trabalho. I e II - O sujeito está sentado com o tronco alinhado, pés e braços apoiados e cotovelo a 90° com a mão livre para realizar a preensão do teste. (A) Dinamômetro de dedo/carga. (B) Dinamômetro de mão. Dedo indicador realizando contração isométrica resistida contra uma célula de carga (C).

4.5.1 Protocolo de preensão palmar

Já está bem estabelecido na literatura que, protocolos para avaliação de força usando dinamometria, devem intervalos de descanso de no mínimo 1 minuto, para evitar a redução da

força mensurada entre contrações consecutivas (Zhang, 2024). Entretanto, em nosso trabalho, para induzir uma redução na geração de força muscular, as participantes serão instruídas a realizar contrações máximas de preensão palmar sustentadas por 6 segundos, intervalos de 9 segundos de descanso. Esse procedimento será realizado até o indivíduo atingir a fadigabilidade, considerada a partir de uma redução de $\geq 30\%$ na CIVM.

4.5.2 Protocolo de overflow

Para indução do overflow motor, as participantes realizarão contrações isométricas máximas de flexão do dedo indicador na mão oposta, simultaneamente ao protocolo de preensão palmar. Após a finalização do protocolo, será concedido um intervalo de 10 minutos para recuperação antes da aferição pós-teste. A CIVM da flexão do dedo indicador será então medida através de três contrações máximas para o dedo indicador direito. Após 60 segundos de descanso, o mesmo procedimento será repetido para a flexão do dedo indicador esquerdo. As participantes que não conseguirem atingir pelo menos 70% da CIVM na aferição pós-teste serão excluídos da análise. Esse critério foi adotado para garantir a inclusão de indivíduos que demonstram resposta significativa ao protocolo de overflow, assegurando maior confiabilidade nos dados obtidos.

4.6 Avaliação do Potencial Motor Evocado

A avaliação da excitabilidade do trato corticoespinal é realizada por meio de estimulação magnética transcraniana focal sobre o córtex motor primário, utilizando o estimulador Neuro-MSX (Neurosoft, Ivanovo, Rússia) acoplado a uma bobina em formato de oito. Durante o procedimento, as participantes permanecerão confortavelmente sentadas com os membros superiores apoiados e a musculatura da mão em repouso. Inicialmente, procede-se ao mapeamento cortical para identificação do hotspot do músculo primeiro

interósseo dorsal (FDI) contralateral, definido como o sítio de menor limiar capaz de evocar potenciais motores evocados (MEPs) de forma consistente.

A atividade eletromiográfica de superfície é captada por eletrodos dispostos no ventre muscular do FDI e referência em proeminência óssea adjacente, após preparo dermatológico para minimização de impedância. Na sequência, determina-se o limiar motor de repouso (RMT), estabelecido como a menor intensidade de estímulo capaz de gerar MEPs com amplitude mínima de 50 μ V em pelo menos cinco de dez tentativas consecutivas.

Por fim, serão aplicados dez estímulos na intensidade correspondente ao RMT para o registro da amplitude pico a pico, cuja média irá quantificar a excitabilidade corticoespinal basal de cada participante.

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística será realizada no software JMP 16, considerando um nível de significância de $\alpha = 0,05$. A normalidade dos dados será avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene. Dados normais serão expressos como média $\pm$ desvio-padrão (DP) e analisados por ANOVA de medidas repetidas para comparar os grupos e os momentos (pré e pós), com post-hoc de Tukey. Comparações intra-grupo serão feitas pelo teste t pareado (dados normais). O tamanho do efeito será calculado por d de Cohen para comparações pareadas, garantindo robustez na interpretação dos resultados.

6. RISCOS E BENEFÍCIOS

6.1 Riscos

Durante a coleta, alguns dos participantes poderão apresentar incômodo transitório nas mãos e nos dedos, devido a força exercida na flexão do dedo indicador e na preensão palmar. Além disso, pode haver fadiga muscular prolongada ou desconforto residual após a realização do protocolo experimental. A interrupção pode ser solicitada pelo participante da pesquisa a qualquer momento do procedimento e, se necessário, serão tomadas medidas analgésicas como a terapia manual para melhora do desconforto.

6.2 Benefícios

No presente estudo, não haverá benefícios diretos ao participante, entretanto, como benefício indireto, contribuirá para a compreensão dos mecanismos do overflow motor, especialmente sua relação com a fatigabilidade muscular, fornecendo evidências sobre a sua influência na ativação ou inibição da força muscular. Esses achados podem ter aplicações diretas na reabilitação fisioterapêutica, auxiliando no desenvolvimento de estratégias terapêuticas mais eficazes, além de aprimorar protocolos que utilizam o overflow motor para potencializar a recuperação funcional.

7. PLANO DE TRABALHO E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

7.1. Plano de Trabalho

1. Submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa
2. Recrutamento dos voluntários e Experimentação
3. Recrutamento e Experimentação da subamostra após aprovação da emenda
4. Análise dos Dados
5. Divulgação dos Resultados
6. Revisão final e preparação do manuscrito para submissão em periódicos

7.2. Cronograma de Execução

Período 2025 - 2027		
Etapa	Início (dd/mm/aaaa)	Término (dd/mm/aaaa)
Submissão ao Comitê de Ética	18/06/2025	04/08/2025
Recrutamento e Experimentação após aprovação	04/08/2025	29/09/2025
Recrutamento e Experimentação da subamostra após aprovação da emenda	22/09/2026	30/10/2026
Análise dos Dados	30/10/2026	01/12/2026
Divulgação dos Resultados	01/12/2026	31/03/2027
Revisão final e preparação do manuscrito para submissão em periódicos	01/12/2026	30/06/2027

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Motor control: translating research into clinical practice**. 5. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2017.
- KNOTT, M.; VOSS, D. **Proprioceptive neuromuscular facilitation: patterns and techniques**. 2. ed. New York: Harper & Row, 1968.
- IVANENKO, Y. P.; POPPELE, R. E.; LACQUANITI, F. Five basic muscle activation patterns account for muscle activity during human locomotion. **The Journal of Physiology**, v. 556, pt. 1, p. 267–282, 2004. DOI: 10.1113/jphysiol.2003.057174.
- DOIX, A. M.; WACHHOLZ, F.; MARTERER, N.; IMMLER, L.; INSAM, K.; FEDEROLF, P. A. Is the cross-over effect of a unilateral high-intensity leg extension influenced by the sex of the participants? **Biology of Sex Differences**, v. 9, n. 1, p. 29, 2018. DOI:10.1186/s13293-018-0188-4
- CARR, J. H.; SHEPHERD, R. B.; ADA, L. **Neurological rehabilitation: optimizing motor performance**. 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 2017.
- LATASH, M. L.; ZATSIORSKY, V. M. Joint stiffness: Myth or reality? **Human Movement Science**, v. 21, n. 4, p. 425-437, 2002. DOI: 10.1016/S0167-9457(02)00120-7.
- POST, M.; BAILEY, J.; TAFLOVE, A.; BAKKER, D. Bilateral motor overflow in the human pyramidal system: an FMRI study. **Journal of Neurophysiology**, v. 100, n. 3, p. 1345-1353, 2008. DOI: 10.1152/jn.90561.2008.
- BRUNNSTROM, S. **Movement Therapy in Hemiplegia: A Neurophysiological Approach**. New York: Harper & Row, 1970.
- SHINOHARA, M.; LI, S.; ZHOU, S.; KOUZAKI, M.; NAKAZAWA, K.; YUE, G. H. Effects of motor fatigue on bilateral force coordination in humans. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 13, n. 6, p. 533-541, 2003. DOI: 10.1016/S1050-6411(03)00092-0.

- GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 4, p. 1725-1789, 2001. DOI: 10.1152/physrev.2001.81.4.1725.
- SØGAARD, K.; GANDEVIA, S. C.; TODD, G.; PETERSEN, N. T.; TAYLOR, J. L. The effect of sustained low-intensity contractions on supraspinal fatigue in human elbow flexor muscles. **Journal of Physiology**, v. 573, pt. 2, p. 511-523, 2006. DOI: 10.1113/jphysiol.2005.103598.
- ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. **Journal of Physiology**, v. 586, n. 1, p. 11-23, 2008.
- BALOGUN, J. A.; AKOMOLAFE, C. T.; AMUSA, L. O. Grip strength: effects of testing posture and elbow position. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 72, n. 5, p. 280-283, 1991.
- HUNTER, S. K.; PEREIRA, H. M.; KEENAN, K. G. The aging neuromuscular system and motor performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 121, n. 4, p. 982-995, 2016. DOI: 10.1152/jappphysiol.00475.2016.
- EDWARDS, R. H.; MCDONNELL, M. Hand-held dynamometer for evaluating voluntary-muscle function. **The Lancet**, v. 2, n. 7883, p. 757-758, 1974. DOI: 10.1016/s0140-6736(74)90947-7.
- CARROLL, T. J.; HERBERT, R. D.; MUTHALIB, M.; CROSSLEY, K.; GANDEVIA, S. C. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 5, p. 1866-1877, 2002. DOI: 10.1152/jappphysiol.00901.2001.
- FARTHING, J. P.; BORGIANNI, L. A.; CHILIBECK, P. D.; MAJUMDAR, S. R. The cross-education effect is independent of training-induced changes in muscle strength and size. **European Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 5, p. 547-555, 2007. DOI: 10.1007/s00421-007-0459-x.

SCHULZ, K. F.; ALTMAN, D. G.; MOHER, D.; CONSORT Group. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. **BMJ (Clinical Research Ed.)**, v. 340, p. c332, 2010. DOI: 10.1136/bmj.c332.

ESPÍRITO-SANTO, H.; PIRES, C. F.; GARCIA, I. Q.; DANIEL, F.; SILVA, A. G.; FAZIO, R. L. Preliminary validation of the Portuguese Edinburgh Handedness Inventory in an adult sample. **Applied Neuropsychology: Adult**, v. 24, n. 3, p. 275-287, 2017. DOI: 10.1080/23279095.2017.1290636.

PRZYBYLA, A.; COELHO, C. J.; AKPINAR, S.; KIRAZCI, S.; SAINBURG, R. L. Sensorimotor performance asymmetries predict hand selection. **Neuroscience**, v. 228, p. 349–360, 2013. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2012.10.046.

ZHANG, K.; ROSA, G.; D'ÀVILA, I.; PITTA, M.; ARAUJO, J.. Impact of muscle contraction and acupuncture on the electrical impedance of the heart meridian points in healthy young adults. **Journal of Acupuncture Research**, v. 41, 2024. DOI: 10.13045/jar.24.0020.

ANEXO A

Edinburgh Handedness Inventory

(Versão original: Oldfield, 1971)

(Adaptação portuguesa: Espírito Santo et al., 2017)*

Indique qual das mãos usa preferencialmente na execução das atividades que lhe vão ser apresentadas de seguida.

Para tal, coloque um "+" na coluna que corresponde à **mão que usa preferencialmente** na execução dessas atividades.

Quando **a sua preferência for tão forte** que nunca usa a outra mão, a não ser que seja forçado/a, marque "++".

Se o uso de uma ou de outra **mão for indiferente**, marque "+" **nas duas colunas**.

Algumas atividades exigem o uso de ambas as mãos. Nesses casos, o objeto para o qual deve considerar o uso preferencial da mão é indicado entre parêntesis.

Por favor responda a todas as questões.

Atividades	Mão	
	Esquerda	Direita
Escrever		
Desenhar		
Atirar/Lançar		
Usar a tesoura		
Segurar a escova de dentes		
Cortar com uma faca		
Usar uma colher		
Varrer (cimo da vassoura)		
Segurar num fósforo para o acender/riscar (fósforo)		
Segurar na tampa para abrir uma caixa (tampa)		