

NAJARA NADER ZAGO

**AVALIAÇÃO DE UM PROGRAMA DE FORTALECIMENTO DOS
MÚSCULOS EXTENSORES DO PUNHO POR MEIO DO *BIOFEEDBACK*
BIOCONTROL**

UBERABA

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Najara Nader Zago

**AVALIAÇÃO DE UM PROGRAMA DE FORTALECIMENTO DOS
MÚSCULOS EXTENSORES DO PUNHO POR MEIO DO *BIOFEEDBACK*
BIOCONTROL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração “Educação Física, Movimento Humano e Saúde” (Linha de pesquisa: Comportamento Motor e Análise do Movimento Humano), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como cumprimento ao requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Dra. Luciane Fernanda Rodrigues Martinho Fernandes

UBERABA

2017

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

Z23a Zago, Najara Nader
Avaliação de um programa de fortalecimento dos músculos extensores do punho por meio do *biofeedback* biocontrol / Najara Nader Zago. -- 2017.
90 f. : il., fig., graf., tab.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2017
Orientadora: Profa. Dra. Luciane Fernanda Rodrigues Martinho Fernandes
Coorientadora: Profa. Dra. Luciane Aparecida Pascucci Sande de Souza

1. Força muscular. 2. Análise e desempenho de tarefas. 3. Contração isotônica. 4. Contração isométrica. 5. Treinamento de resistência. I. Fernandes, Luciane Fernanda Rodrigues Martinho. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 796.41

Najara Nader Zago

Avaliação de um programa de fortalecimento dos músculos extensores do punho por meio do *biofeedback* BioControl

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração “Educação Física, Esporte e Saúde” (Linha de pesquisa: Comportamento Motor e Análise do Movimento Humano), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como cumprimento ao requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Dra. Luciane Fernanda Rodrigues Martinho Fernandes

Uberaba, 15 de fevereiro de 2017.

Banca Examinadora:

Profª. Dra. Luciane Fernanda Rodrigues Martinho Fernandes
Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)

Prof. Dr. Alcimar Soares Barbosa
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Prof. Dr. Dernival Bertencello
Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela determinação e resiliência a mim concedidas para enfrentar as dificuldades que apareceram ao longo do mestrado.

Aos meus pais, Augusto e Cláudia, que sempre me apoiaram incondicionalmente nas minhas decisões e sempre foram meus exemplos de determinação e integridade pessoal.

Ao meu marido, Paulo Ricardo, que vivenciou com plenitude o desenvolvimento do mestrado, sempre demonstrando companheirismo, dedicação, paciência e carinho. Você é fundamental em tudo que faço, essa conquista é nossa.

Ao meu filho Brian Ricardo, do qual me orgulho tanto e sou profundamente grata.

Minha profunda gratidão à minha orientadora, profa. Luciane Fernandes, pela paciência e por ter permitido a continuidade dos meus estudos e pela confiança depositada no meu trabalho. Obrigada por acreditar no meu potencial, e principalmente obrigada por todos os ensinamentos profissionais e pessoais que nossa convivência me proporcionou. Tenho grande admiração por você!

Agradeço a todos os professores que me ajudaram nessa jornada, em especial ao prof. Alcimar Barbosa e a profa. Luciane Sande que me acompanharam durante todo o desenvolvimento desta pesquisa e pela contribuição neste trabalho, nada disso seria possível sem sua ajuda de vocês.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Biomecânica e Controle Motor (LabCom) e do Laboratório de Engenharia Biomédica (Biolab) da Universidade Federal de Uberlândia que sempre me apoiaram e auxiliaram em todas as etapas do mestrado. Em especial aos alunos de graduação, orientandos da profa. Luciane Fernandes, pela disposição constante em ajudar no que for preciso.

A todos funcionários do Laboratório, pela calbrosa recepção e pelo convívio. E agradeço aos voluntários da pesquisa pela ajuda, nada disso seria possível sem a colaboração de vocês. Enfim, a todos que colaboraram de forma direta ou indireta para o desenvolvimento desta pesquisa.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis. ”

José de Alencar

RESUMO

O primeiro artigo teve como objetivo avaliar se um protocolo de treinamento em rampa com uso do *biofeedback*, para os músculos extensores do punho, irá proporcionar um melhor desempenho durante a execução de uma tarefa de exercícios combinados de isotonia e isometria e com variação nas cargas. Foram incluídos 3 homens com idade média de 22 (± 2) anos e destros. Para a avaliação do controle da força foi desenvolvida uma tarefa de 70 segundos de duração com exercícios combinados de isotonia concêntrica, excêntrica e isometria, e também com variação entre os níveis de carga, de 0 a 60% da CIVM, e para o treinamento foi proposto um protocolo que consistiu na associação de exercícios isotônicos concêntricos e excêntricos realizados em rampa com carga máxima de 60% da CIVM. A avaliação e o protocolo de treinamento foram realizados por meio do *software* de *biofeedback* BioControl. No segundo artigo o objetivo foi avaliar o controle da força dos músculos extensores do punho, com *biofeedback* em tarefas combinadas de exercícios isotônicos e isométricos e com cargas máximas de 60% e 80% da contração isométrica voluntária máxima, dos membros direito e esquerdo de mulheres. Foram incluídas 9 mulheres com média de idade de 24 (± 3) anos, destros, estudantes universitárias. Para este estudo foram desenvolvidas duas tarefas de avaliação de 70 segundos de duração, com exercícios combinados de isotonia e isometria e também variação entre os níveis de carga. Cada voluntária realizou a avaliação das duas tarefas de controle de força dos músculos extensores do punho. Por último, o terceiro artigo teve como objetivo avaliar se houve aumento da força dos músculos da mão e redução dos escores de incapacidade funcional após a realização de um programa de fortalecimento utilizando o videogame E-Link para um paciente com fratura complexa do punho. Na fase do fortalecimento foram avaliadas as medidas de força instrumental, teste de 10 repetições máximas e questionários funcionais. O treinamento foi realizado no membro lesado, e seguindo o regime isotônico da técnica de *Oxford*. Foram realizadas 2 sessões semanais de fortalecimento, com duração de 40 minutos, totalizando 17 sessões. Para o primeiro artigo, concluímos que após o a realização do programa de treinamento com rampa, realizado com *biofeedback*, os voluntários apresentaram um maior controle da força dos músculos extensores do punho, avaliado pela tarefa proposta. No segundo artigo concluímos que na tarefa com maior percentual de carga em relação a contração isométrica voluntária máxima, as mulheres apresentaram menor controle da força dos músculos extensores do punho para

ambos os membros. Nas etapas de contrações isométricas o controle da força foi menor e não houve diferença entre os membros tanto na análise das etapas, quanto na análise das tarefas. E no terceiro artigo concluímos que houve aumento das forças de preensão e de pinças e redução dos escores de incapacidade funcional, após 17 sessões de um programa de fortalecimento para os músculos da preensão e das pinças e, manutenção das forças após *follow up* de 4 meses.

Palavras-chave: Análise e Desempenho de Tarefas, Força Muscular, Contração Isotônica, Contração Isométrica, Treinamento de Resistência, *Biofeedback*.

ABSTRACT

In the first article, the aim of study was to evaluate if a ramp training protocol using biofeedback for the wrist extensor muscles will provide better performance during the performance of a combined isotonic and isometric task exercises and load variation. Three men with mean age of 22 (\pm 2) years and right-handed individuals were included. For strength control was developed a task with 70 seconds of combined concentric, eccentric and isometric exercises and different load levels from 0 to 60% MVIC, and for was proposed a protocol that consisted of the association of concentric and eccentric isotonic exercises performed in a ramp with a maximum load of 60% of the MVIC. The task evaluation and training protocol were carrying out using the BioControl biofeedback software. In the second article, the aim was to evaluate the force control of the wrist extensor muscles, with biofeedback in combined isotonic and isometric task exercises and with maximal loads of 60% and 80% of the maximum voluntary isometric contraction, in right and left limbs. Nine women with mean age of 24 years (\pm 3) years, right-handed and university students were included. For this study were developed two tasks of 70 seconds, with combined isotonic and isometric exercises, as well as variation between levels of force. Each volunteer performed an evaluation of the two force control tasks of the wrist extensor muscles. Initially, a task order was draw, and performed on non-consecutive days. Lastly, the third article aimed to analyze the effect using the videogame E-link in handgrip and pinch strengthening in a patient with a complex wrist fracture. In the strengthening phase were evaluated the instrumental force measurements, 10 maximum repetitions test and functional questionnaires. The injured side was trained, and was performed the isotonic regimes of Oxford technique. For the first article, we conclude that after performing the ramp training program, performed

with biofeedback, the volunteers presented a greater control of the strength of the wrist extensor muscles, evaluated by the proposed task. In the second article, we conclude that in the task with a higher percentage of load in relation to a maximal voluntary isometric contraction, as the women showed less control of the strength of the wrist extensor muscles for both limbs. In the stages of isometric contraction or control of the force in the minor and there was no difference between the members in the analysis of the steps, as well as in the analysis of the tasks. In addition, in the third article, we conclude an increase in grip and pinch strength and a reduction of functional disability scores after 17 sessions of a strengthening program. It was confirmed the maintenance of the forces of grip and pinches after follow-up of 4 months.

Keywords: Task Performance and Analysis, Muscle Strength, Isotonic Contraction, Isometric Contraction, Resistance Training, Biofeedback.

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1

Figura

1 – Representação gráfica da tarefa utilizada para avaliação do controle da força. As etapas ímpares (1,3,5,7,9,11 e 13) correspondem a fase de isotonia e as etapas pares (2,4,6,8,10 e 12) as fases de isometria.	21
2 - Representação gráfica do protocolo de treinamento.	22
3 – Exemplo de uma tarefa efetuada por um voluntário. Na figura tem-se a representação da linha de referência (linha azul) e sinal de controle do voluntário (linha vermelha).	23
4 – <i>Software</i> de <i>biofeedback</i> BioControl.	24
5 - Posicionamento dos voluntários	25
6 - Erro absoluto médio das etapas 1, 3, 5, 7, 9, 11 e 13 das avaliações inicial e final, para os voluntários 1, 2 e 3 para o membro superior esquerdo (treinado).	29
7 – Erro absoluto médio das etapas 2, 4, 6, 8, 10 e 12 das avaliações inicial e final, para os voluntários 1, 2 e 3 para o membro superior esquerdo (treinado).	31
8 - Média e desvio padrão do percentual da CIVM dos 3 voluntários, de todas as séries, para os membros não treinado e treinado.	33
9 – Média e desvio padrão do percentual da força da CIVM dos 3 voluntários, nas 3 séries das 5 sessões de treinamento.	34

Artigo 2

Figura

1 - Representação gráfica da divisão das 13 etapas da tarefa 60%. As etapas ímpares (1, 3, 5, 7, 9, 11 e 13) corresponderam a fase de isotonia e as etapas pares (2, 4, 6, 8, 10 e 12) as fases de isometria.	44
2 – Representação gráfica da divisão das 13 etapas tarefa 80%. As etapas ímpares (1, 3, 5, 7, 9, 11 e 13) corresponderam a fase de isotonia e as etapas pares (2, 4, 6, 8, 10 e 12) as fases de isometria.	44
3 – Exemplo de uma tarefa efetuada por uma voluntária. Na figura tem-se a representação da linha de referência (linha azul) e sinal de controle da voluntária (linha vermelha).	45
4 – <i>Software</i> de <i>biofeedback</i> BioControl.	46
5 - Posicionamento das voluntárias.	47
6 – Erro absoluto médio das etapas de isotonia das tarefas de 60% e 80% dos membros (A) direito e (B) esquerdo.	51
7 – Erro absoluto médio das etapas de isometria das tarefas de 60% e 80% dos membros (A) direito e (B) esquerdo.	53
8 – Erro absoluto médio total das tarefas 60% e 80%, dos membros direito e esquerdo.	55
9 - Representação gráfica da média e desvio padrão da força relativa das tarefas 60% e 80%, dos membros direito e esquerdo.	56

Artigo 3

Figura

- 1 - (A) Tomografia computadorizada do punho realizado na admissão do paciente, com incidência pósterio-anterior evidenciando a fratura distal de rádio e ulna e a diástase rádio-ulnar distal à esquerda; (B) Radiografia do punho realizado no pós-operatório nas incidências de perfil e pósterio-anterior evidenciando a fixação da fratura 64
- 2 - Porcentagem de acertos dos jogos durante a primeira, segunda e terceira séries 68
- 3 - Valores das cargas da 1^a a 17^a sessão, para prensão palmar, pinças polpa-polpa, polpa-lateral e polpa-trípode durante a primeira, segunda e terceira séries 69

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

Tabela

- 1 – Erro absoluto médio total das avaliações inicial e final, do membro esquerdo (treinado) para as 3 séries do protocolo de treinamento. 32
- 2 – Média e desvio padrão do erro absoluto médio total dos protocolos de treinamento em rampa. 32

Artigo 3

Tabela

- 1 - Forças de prensão e pinças pré e pós fortalecimento e *follow up*..... 67
- 2 - Valores das avaliações funcionais pré e pós fortalecimento e *follow up*. 68

LISTA DE SIGLAS

UFTM – Universidade Federal do Triângulo Mineiro

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

mV – Milivolts

kgf – Quilograma Força

CIVM – Contração Isométrica Voluntária Máxima

AO/ASIF - *Association for Osteosynthesis/Association for the Study of Internal Fixation*

DASH – *Disability of the Arm, Shoulder and Hand*

PRWE–*Patient Rated Wrist Evaluation*

EWS – *Upper Extremity Evaluation Software*

10RM – Dez Repetições Máximas (10RM)

RM – Repetição Máxima

FPP – Força de Preensão Palmar

PPP – Força Pinça Polpa-Polpa

PPL – Força Pinça Polpa-Lateral

PPT – Força Pinça Polpa-Trípode

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 ARTIGOS PRODUZIDOS	17
2.1 ARTIGO 1.....	17
2.2 ARTIGO 2.....	39
2.3 ARTIGO 3.....	60
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS	75
APÊNDICES	77
ANEXOS	81

1 INTRODUÇÃO

O treinamento de força, também conhecido como treinamento contra resistência tornou-se uma das formas mais populares de exercícios para reabilitação, prevenção de lesões, melhora da aptidão e condicionamento físico. Várias modalidades de treinamento como, por exemplo, os treinamentos isométrico, isotônico, isocinético, resistência progressiva, pliométrico são utilizados para ganho de força muscular ou para hipertrofia muscular (FLECK; KRAEMER, 2017).

Os exercícios de contração isométrica são usados nas fases iniciais dos programas de fortalecimento, por meio de cargas entre 60 a 80% da capacidade de desenvolvimento da força muscular. Apesar do treinamento isométrico ser uma forma de fortalecimento, sua realização ainda é pouco utilizada no cotidiano em vista que a maioria das atividades de vida diária envolvem contrações excêntricas e concêntricas (KISNER; COLBY, 2015). Ainda, o exercício de contração isotônica é um tipo de exercício dinâmico, executado a medida que o músculo se encurta ou alonga na amplitude de movimento existente. Essa modalidade de exercício pode ser dividida em concêntrico e excêntrico (FLECK; KRAEMER, 2017; KISNER; COLBY, 2015; KOMI, 2009). Os exercícios isotônicos concêntricos são caracterizados pelo encurtamento das fibras musculares durante a contração e os exercícios excêntricos consistem no alongamento ativo das fibras musculares (MADELEINE *et al.*, 2001).

Com base no princípio da especificidade do treinamento de força, tem sido postulado que as ações concêntricas e excêntricas fornecem estímulos diferentes ao músculo e, portanto, poderia produzir diferentes adaptações. Do ponto de vista mecânico, os músculos são capazes de alcançar forças absolutas mais elevadas contraindo-se excentricamente em comparação aos exercícios concêntricos (HATHER *et al.*, 1991). Embora exista uma grande quantidade de pesquisas sobre a comparação entre estes programas de resistência concêntrica e excêntrica, ainda existem controvérsias na literatura em relação a sua eficácia (ROIG *et al.*, 2008).

Entretanto, para que ocorram alterações no nível de força é necessário levar em consideração a resistência, o tipo de contração, número de séries, repetições do exercício e tempo de treinamento (FLECK; KRAEMER, 2017). Um programa de

treinamento de força adequadamente elaborado pode estimular maiores adaptações musculares e ganhos de força superior àqueles treinamentos com apenas os exercícios concêntricos ou excêntricos (HORTOBAGYI; KATCH, 1990).

Visando recuperar a força muscular, a fisioterapia tem um papel importante nesse aspecto. O comprometimento da força muscular nas lesões e fraturas da extremidade distal do punho provocam uma diminuição ou inabilidade para realizar as tarefas de manipulação, que incluem a realização de movimentos de preensão e pinça (MACDERMID; RICHARDS; ROTH, 2001; MACDERMID; ROTH; RICHARDS, 2003; NAPIER, 1956; PARK; HAN; SHIM, 2015).

A preensão é um dos principais movimentos da mão responsável pela manipulação de objetos de diferentes tamanhos e formatos (NAPIER, 1956). Este movimento é realizado pela ação conjunta dos músculos flexores (extrínsecos e intrínsecos de dedos) associado a co-contracção dos músculos extensores do punho. Os músculos extensores atuam como sinergistas dos movimentos da mão, fornecendo estabilidade ao punho e favorecendo a realização de tarefas que exigem uma maior habilidade e destreza dos movimentos (LEVANGIE; NORKIN, 2011; SHIMOSE; MATSUNAGA; MURO, 2011; VOLZ; LIEB; BENJAMIN, 1980).

A eficiência do sistema nervoso central no controle da força pode ser estudada pelas mudanças nos níveis de força na realização de tarefas envolvendo vários músculos (DE OLIVEIRA *et al.*, 2011). A força máxima de preensão isométrica, por exemplo, é máxima quando o punho está em leve extensão, mas quando o punho é flexionado a força de preensão é acentuadamente diminuída. A preensão totalmente ineficaz produzida quando o punho é mantido em flexão completa é devida a combinação de insuficiência ativa dos músculos flexores longos dos dedos (flexor superficial e profundo dos dedos) e insuficiência passiva do antagonista, sendo neste caso o músculo extensor longo dos dedos (SMITH; WEISS; LEHMKUHL, 1997).

Nesse sentido, o fortalecimento dos músculos extensores para esses pacientes é importante para proporcionar uma maior independência funcional. Qualquer doença que afeta o punho e a mão, seja ortopédica ou neuromuscular, tende a comprometer a execução e o controle dos movimentos devido a limitação da amplitude de movimento e a diminuição da força muscular (UMPHRED, 2011). Para o fortalecimento, a fisioterapia dispõe de recursos tradicionais como o kit de exercitadores de mãos e dedos

que apresentam resultados satisfatórios na literatura e nos trabalhos que utilizaram este recurso como forma de exercício resistido (FERNANDES *et al.*, 2003).

Apesar desses recursos de fortalecimento serem bastante difundidos na literatura, pouco se sabe sobre o controle de força durante a execução desses exercícios. A força desempenha um papel importante para a realização apropriada de várias tarefas manuais e contribui para a precisão e estabilidade dos movimentos da mão (DE OLIVEIRA; LOSS; DE SOUZA PETERSEN, 2005).

Na reabilitação motora, os treinos de controle de força e a força muscular são trabalhados como um componente só, apesar de apresentarem diferenças importantes. Nesse sentido, verifica-se a necessidade do emprego de novas estratégias e combinações de terapias que potencializem a recuperação do controle de força e da força muscular, proporcionando uma melhor qualidade de vida ao paciente.

A utilização do *biofeedback* tem se destacado na reabilitação motora com o objetivo de fortalecer grupos musculares, melhorar a coordenação intra e intermuscular e reduzir a espasticidade, e também no treinamento esportivo, na reabilitação de lesões esportivas e no controle emocional (SHERMAN, 2002).

O *biofeedback* na reabilitação fornece informações fisiológicas do próprio indivíduo com o intuito de levar a uma determinada mudança de comportamento. Por meio da técnica de *biofeedback*, o indivíduo toma consciência imediata de respostas de seu organismo, que comumente não seriam perceptíveis sem o uso de instrumentos próprios, e converte os dados do estado biológico em informação acessível para o indivíduo (SCHWARTZ, 2015).

Assim, o *biofeedback* pode ser usado para reabilitação fisioterapêutica, com intuito de informar o paciente sobre os movimentos, atividade muscular, força, deslocamento articular, dentre outras informações fisiológicas, mediante a amplificação e exibição dessas informações, de modo que o paciente possa aprender a controlar estes sinais (LI, 2002).

Na literatura a utilização de um mesmo sistema para comparar os diversos tipos de treinamento é rara e existe ainda dificuldade na identificação de quais treinamentos são mais benéficos para uma adaptação fisiológica específica. Quando o treinamento e a avaliação são realizados pelos mesmos equipamentos de força, um grande ganho de força geralmente é demonstrado. Se o treinamento e a avaliação são realizados em

equipamentos diferentes, o ganho de força em geral é substancialmente menor e algumas vezes não-existente (FLECK; KRAEMER, 2017).

Baseado nessas considerações, este estudo propõe avaliar o controle da força dos extensores do punho durante a execução de uma tarefa de exercícios combinados de isotonia e isometria e com variação de resistências por meio da utilização de um *software de biofeedback*.

2 ARTIGOS PRODUZIDOS

2.1 ARTIGO 1

Treinamento em rampa melhora o controle da força dos músculos extensores do punho

Ramp training improves force control of the wrist extensor muscles

Najara Nader Zago¹

Luciane Aparecida Pascucci Sande de Souza²

Andrei Nakagawa Silva³

Paulo Ricardo da Silva⁴

Alcimar Soares Barbosa⁵

Luciane Fernanda Rodrigues Martinho Fernandes²

¹ Fisioterapeuta pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)

² Docente do Departamento de Fisioterapia Aplicada da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)

³ Engenheiro Biomédico pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

⁴ Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)

⁵ Docente do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Endereço para Correspondência:

Luciane Fernanda Rodrigues Martinho Fernandes.

Av. Dona Maria de Santana Borges, 1600 - casa 11

E-mail: fernandes.luciane72@gmail.com

Resumo: Esse estudo teve como objetivo avaliar se um protocolo de treinamento em rampa com uso do *biofeedback*, para os músculos extensores do punho, proporcionará um melhor desempenho durante a execução de uma tarefa de exercícios combinados de isotonia e isometria e com variação nas cargas.. Participaram 3 homens com idade média de 22 (± 2) anos e destros. Para a avaliação do controle da força foi desenvolvida uma tarefa de 70 segundos de duração com exercícios combinados de isotonia concêntrica, excêntrica e isometria, e também com variação entre os níveis de carga, de 0 a 60% da CIVM, e para o treinamento foi proposto um protocolo que consistiu na associação de exercícios isotônicos concêntricos e excêntricos realizados em rampa com carga máxima de 60% da CIVM. A avaliação e o protocolo de treinamento foram realizados por meio do *software* de *biofeedback* BioControl. Comparando as etapas de isometria e isotonia, foram observados menores valores do erro absoluto médio das etapas da tarefa e do erro absoluto médio total da tarefa, para os 3 voluntários, após o treinamento em rampa do membro superior esquerdo. Em relação a variação da força relativa foi observado que, tanto para avaliação quanto para o treinamento ocorreu um aumento da força relativa, sendo que esses valores ficaram próximos ao esperado. Nesse sentido, podemos concluir que após a realização do programa de treinamento com rampa, realizado com *biofeedback*, os voluntários apresentaram um maior controle da força dos músculos extensores do punho, avaliado pela tarefa proposta.

Palavras-chave: Biofeedback, Treinamento de Resistência, Força da Mão, Força Muscular.

Abstract: The aim of this study was to evaluate if a ramp training protocol using biofeedback for the wrist extensor muscles will provide better performance during the performance of a combined isotonic and isometric task exercises and load variation. Three men with mean age of 22 (± 2) years and right-handed individuals were included. For strength control was developed a task with 70 seconds of combined concentric, eccentric and isometric exercises and different load levels from 0 to 60% MVIC, and for

was proposed a protocol that consisted of the association of concentric and eccentric isotonic exercises performed in a ramp with a maximum load of 60% of the MVIC. The task evaluation and training protocol were carrying out using the BioControl biofeedback software. Comparing the isometry and isotonic stages, the mean absolute error, mean absolute total error, was lower for all three volunteers, after ramp training of the left upper limb. Regarding the relative force variation, it were observed that for both evaluation and training an increase in relative strength occurred, and these values were close to what was expected. In this sense, we can conclude that after performing the ramp training program, performed with biofeedback, the volunteers presented a greater control of the strength of the wrist extensor muscles, evaluated by the proposed task.

Keywords: Biofeedback, Resistance Training, Hand Strength, Muscle Strength.

1. Introdução

A utilização do treinamento resistido tem se popularizado nas últimas duas décadas, sobretudo devido ao seu papel benéfico para a melhoria da saúde, reabilitação musculoesquelética, ganho de força muscular, hipertrofia muscular e melhora do desempenho esportivo (PEREIRA *et al.*, 2013). Apesar da eficácia comprovada do treinamento resistido ao aumento da força muscular, pouco ainda se sabe sobre a forma mais eficiente de treinamento para o controle da força muscular (FISH *et al.*, 2003).

Várias modalidades de treinamento como o isométrico, isotônico, isocinético, a resistência progressiva e o pliométrico são utilizados para ganho de força muscular ou para hipertrofia muscular (FLECK; KRAEMER, 2017). Dentre essas modalidades, os exercícios isotônicos e isométricos destacam-se por ser a base dos treinamentos de força na reabilitação fisioterapêutica. Para este estudo foi proposto um treinamento isotônico em rampa associado a um treino isométrico. Segundo BILODEAU *et al.* (1997), são denominados exercícios de rampa aquelas contrações isotônicas concêntricas e excêntricas, e com aumento progressivo do nível de força determinado por meio da contração isométrica voluntária máxima (CIVM).

Com o objetivo de fortalecer grupos musculares, melhorar a coordenação intra e intermuscular, reduzir a espasticidade, muitos autores tem utilizado o *biofeedback* na reabilitação motora. Além dessas indicações o *biofeedback* também tem se destacado no

treinamento esportivo e na reabilitação de lesões esportivas (SHERMAN, 2002). O *biofeedback* na reabilitação fornece informações fisiológicas do próprio indivíduo com o objetivo de levar a uma determinada mudança de comportamento. Por meio da técnica de *biofeedback*, o indivíduo toma consciência imediata da resposta de seu organismo, que comumente não seria perceptível sem o uso de instrumentos próprios, e converte os dados do estado biológico em informação acessível para o indivíduo (SCHWARTZ, 2015).

O controle da força desempenha um papel importante para a realização apropriada de várias tarefas manuais e contribui para a precisão e estabilidade dos movimentos da mão (DE OLIVEIRA; LOSS; DE SOUZA PETERSEN, 2005). Apesar dos métodos de fortalecimento serem bastante difundidos na literatura, pouco se sabe sobre o controle da força durante a execução desses exercícios. Na reabilitação motora, os treinos de controle da força e a força muscular são trabalhados como um componente só, apesar de apresentarem diferenças importantes. A análise do controle da força, após a realização de um protocolo de treinamento para os músculos extensores do punho, realizados por meio de um software de *biofeedback* é o foco principal deste estudo. Dessa forma este estudo teve como objetivo avaliar se um protocolo de treinamento em rampa com uso do *biofeedback*, para os músculos extensores do punho, proporcionará um melhor desempenho durante a execução de uma tarefa de exercícios combinados de isotonia e isometria e com variação nas cargas.

2. Métodos

2.1. Desenho do Estudo e Participantes

Esta pesquisa caracteriza-se por ser um estudo piloto, composto por 3 homens jovens, destros, com idade média de 22 (± 2) anos, com ausência de disfunções neuromusculares e musculoesqueléticas dos membros superiores e que não realizassem exercícios físicos para os membros superiores nos últimos 6 meses. A dominância dos voluntários foi determinada pelo Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971).

Todos os voluntários foram informados sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme

resolução nº466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), de acordo com o parecer nº1820857.

2.2. Delineamento

2.2.1. Avaliação do controle da força

Para a avaliação do controle da força foi desenvolvida uma tarefa de 70 segundos de duração com exercícios combinados de isotonia concêntrica, excêntrica e isometria, e também com variação entre os níveis de carga, de 0 a 60% da CIVM avaliada previamente (Figura 1).

Nesta tarefa foram consideradas as repetições como sendo o número de vezes que o exercício de isotonia e isometria (etapas) foram repetidos. E série como sendo o conjunto das etapas, ou seja, o número de vezes em que a tarefa foi realizada (KISNER; COLBY, 2015).

A tarefa foi dividida em 13 etapas, sendo que estas foram separadas entre isotônias e isometrias, como representado na Figura 1.

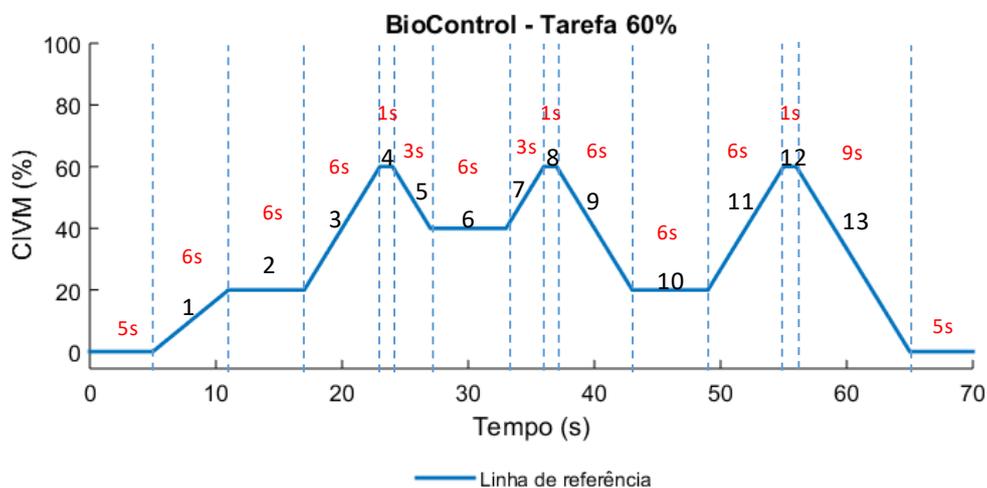


Figura 1 – Representação gráfica da tarefa utilizada para avaliação do controle da força. As etapas ímpares (1,3,5,7,9,11 e 13) correspondem a fase de isotonia e as etapas pares (2,4,6,8,10 e 12) as fases de isometria.

CIVM = contração isométrica voluntária máxima; % = porcentagem da carga; s = segundos.

Os 5 segundos iniciais e finais consistiram em repouso. Foram realizadas inicialmente 3 séries da tarefa no membro superior esquerdo e posteriormente outras 3 séries no membro superior direito. O intervalo entre as séries foi de 2 minutos. A tarefa de avaliação foi a mesma para todos os voluntários e foi realizada antes e após as 5 sessões de treinamento.

2.2.2. Realização do treinamento

Para o treinamento foi proposto um protocolo adaptado ao desenvolvido por Zinovieff (1951) e consistiu na associação de exercícios isotônicos concêntricos e excêntricos realizados em rampa, e de exercícios isométricos, com carga máxima de 60% da CIVM, como representado na Figura 2.

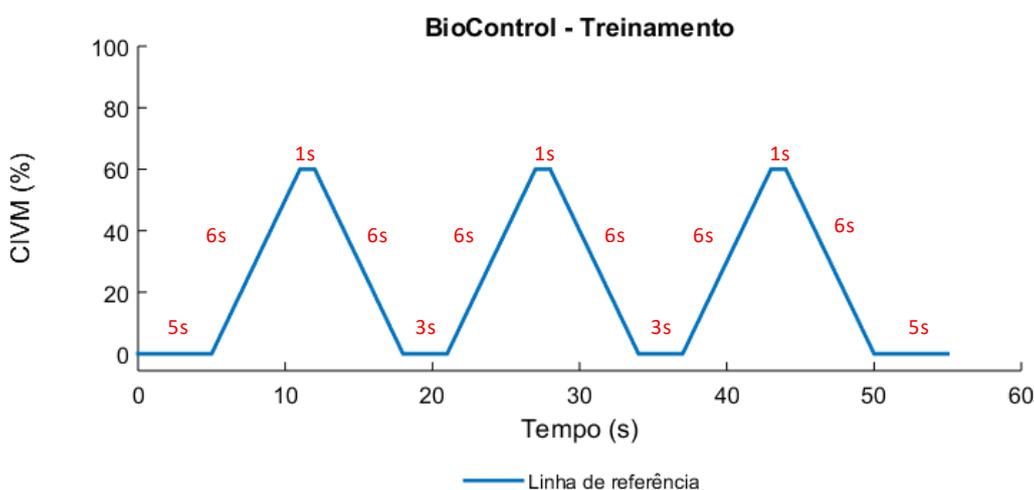


Figura 2 – Representação gráfica do protocolo de treinamento.

CIVM = contração isométrica voluntária máxima; % = porcentagem da carga; s = segundos.

Foram realizadas 3 séries de 3 repetições do protocolo de treinamento e ao final de cada série os voluntários descansaram por um período de 2 minutos. O treinamento teve duração de 5 sessões de 15 minutos cada e foi realizado somente no membro não dominante (esquerdo), por apresentar valores menores de força e um desempenho pior de tarefas (SHMUELOF; KRAKAUER; MAZZONI, 2012).

2.3. Software Biofeedback

As tarefas foram realizadas pelo *biofeedback* do *software* BioControl, desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia Biomédica (BioLab) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Por meio do *software* BioControl foi possível: criar as tarefas;

calcular o valor da força máxima do grupo muscular extensor do punho pela CIVM e determinar a linha de referência ou linha de base (linha azul) com os valores referentes as cargas de 20%, 40% e 60% da CIVM de cada voluntário. O *software* BioControl foi desenvolvido para apresentar um *biofeedback* capaz de fornecer informações em tempo real da força do voluntário durante a execução da tarefa e do protocolo de treinamento, que foi denominado de sinal de controle (linha vermelha) (Figura 3).

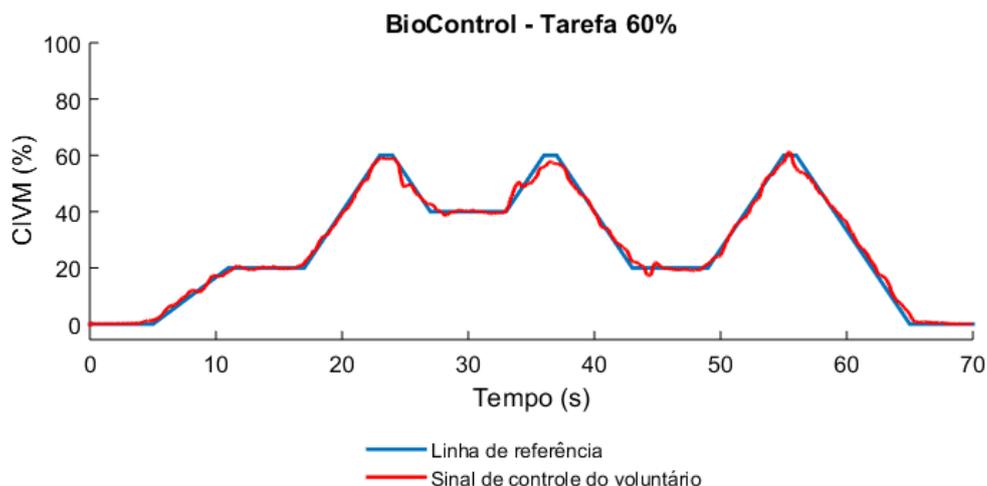


Figura 3 – Exemplo de uma tarefa efetuada por um voluntário. Na figura tem-se a representação da linha de referência (linha azul) e sinal de controle do voluntário (linha vermelha).

CIVM = contração isométrica voluntária máxima; % = porcentagem da carga; s = segundos.

Este *software* fornece informações para o indivíduo sobre os valores das cargas e da margem de erro da tarefa e do protocolo. A margem de erro ou porcentagem de variação das forças da tarefa e do protocolo de treinamento foi padronizado em 15% (Figura 4). Durante a execução da tarefa e do protocolo de treinamento, se o voluntário variasse as forças acima ou abaixo da margem de erro um estímulo auditivo (som) era acionado como forma de alerta. Porém se o voluntário se mantivesse dentro da margem de erro, um som contínuo agradável era tocado.



Figura 4 – Software de biofeedback BioControl.

Antes de iniciar a tarefa e o treinamento, foi realizada a calibração do sistema para cada voluntário, a fim de ajustar os valores da linha de referência à CIVM. Desta forma, os valores da força necessária para cada etapa da tarefa e do protocolo de treinamento foram específicos para cada voluntário.

2.4. Equipamentos

O MyosystemBr1 é um sistema completo para eletromiografia que apresenta canais de eletromiografia utilizados para coleta da atividade muscular e canais auxiliares que podem ser utilizados para coleta de sinais provenientes de células de carga, eletrogoniômetro, plataformas de força, equipamento isocinéticos e outros dispositivos de apoio.

Para este estudo foi utilizado uma célula de carga com capacidade de 20kgf da marca Kratos®, que foi conectada em um dos canais auxiliares do MyosystemBr1-P84®. O cálculo da CIVM e a realização das tarefas foram realizados por essa célula de carga. A frequência amostral foi de 1.200Hz.

2.4.1. Posicionamento dos voluntários

Os voluntários foram posicionados sentados confortavelmente em uma cadeira, situada lateralmente ao suporte da célula de carga; o ombro permaneceu levemente

abduzido, o cotovelo fletido a aproximadamente 70°, antebraço pronado e dedos fletidos sobre o suporte em 'T' da célula de carga (Figura 5).



Figura 5 – Posicionamento dos voluntários.

Os valores de referência (linha de base) para as tarefas foram determinados baseando-se no teste de CIVM de cada membro superior. A coleta da CIVM foi obtida na célula de carga, durante o movimento isométrico de extensão do punho mantido por 3 segundos.

2.4.2. Calibração da célula de carga

A calibração da célula de carga foi realizada previamente as coletas. E as distribuições dos valores apresentaram uma resposta linear ($R^2=0,99$). Com isso, os valores da CIVM de extensão do punho que foram adquiridos em milivolts (mV) tiveram sua conversão para quilograma força (kgf) por meio da equação da reta proveniente da calibração (Equação 1):

$$y = 5,9132x + 0,1088 \dots \dots \dots \text{Equação 1}$$

Onde, y é igual a força em quilograma força (kgf) e x, o valor da força em milivolts (mV).

2.5. Análise dos dados

2.5.1. Para avaliar a força muscular dos extensores do punho foi calculada a média da força isométrica durante a CIVM de 3 segundos coletada previamente. A média dos valores da força dos 3 segundos foram mensuradas em milivolts pelo *software* e convertidas posteriormente em quilogramas força.

2.5.2. Para a avaliação do desempenho na tarefa foi analisado o controle da força por meio do: a) erro absoluto médio para cada etapa da tarefa; b) do erro absoluto médio total da tarefa e c) pela a variação da força por meio do percentual de força média da tarefa, para cada voluntário.

2.5.3. Para avaliação do desempenho do protocolo de treinamento foram analisados: a) o controle da força por meio do erro absoluto médio total do protocolo, e b) a variação da força por meio do percentual de força média.

O desempenho dos voluntários foi calculado por meio do erro absoluto médio para as etapas e o erro absoluto médio total da tarefa e do protocolo de treinamento. Essas variáveis serviram como parâmetro de desempenho em relação ao controle da força. Neste caso, quanto menor o valor do erro, maior o controle do movimento e conseqüentemente maior o desempenho na execução da tarefa e do protocolo de treinamento.

2.5.4. Variáveis para avaliar o desempenho do controle da força

a) Erro absoluto médio para cada etapa da tarefa

O erro absoluto médio para cada etapa da tarefa foi calculado a partir da equação 2:

$$\text{Erro Absoluto Médio} = \frac{1}{(n_2 - n_1)} \sum_{i=n_1}^{n_2} |X_i - Y_i| \dots \dots \dots \text{Equação 2}$$

Onde n_1 refere-se ao intervalo inicial, n_2 ao intervalo final da etapa analisada, X_i referente aos valores da linha de referência e Y_i referente aos valores do sinal de controle do voluntário, ambos em módulo.

b) Erro absoluto médio total da tarefa e do protocolo de treinamento

O erro absoluto médio total da tarefa e do protocolo de treinamento foram calculados a partir da equação 3:

$$\text{Erro Absoluto Médio Total} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i - Y_i| \dots \text{Equação 3}$$

Sendo o n igual ao somatório dos valores da taxa amostral da célula de carga, X_i referente aos valores da linha de referência e Y_i referente aos valores do sinal de controle do voluntário, ambos em módulo.

c) Variação da força da tarefa e do protocolo de treinamento

A variação da força média de cada voluntário, representada pelo sinal de controle do voluntário, foi calculada por meio da equação 4:

$$\text{Força Média da linha de controle} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots \text{Equação 4}$$

n refere-se aos valores da taxa amostral da célula de carga e X_i refere-se aos valores do sinal de controle do voluntário.

2.5.5. Com o objetivo de se comparar a dificuldade entre a tarefa e o protocolo de treinamento foi calculado o percentual de força média da linha de referência por meio da equação 5:

$$\text{Força Média da linha de referência} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \dots \text{Equação 5}$$

O percentual da força média da linha de referência da tarefa é 28,71% e do protocolo é 22,91% em relação a CIVM.

2.6. Análise Estatística

Os arquivos dos dados foram gerados pelo *software* do BioControl, processados e analisados por uma rotina no programa Matlab® (*The MathWorks Inc., USA*) versão R2015a. Para a análise da tarefa foi calculada a média das 3 séries do erro absoluto

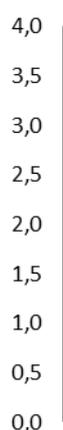
médio das etapas de cada voluntário, a média e desvio padrão do erro absoluto médio total e da força relativa dos voluntários em cada série, nas avaliações inicial e final. Para a análise do protocolo de treinamento foi calculado a média e o desvio padrão das variáveis erro absoluto médio total e força relativa para cada série das 5 sessões dos voluntários.

3. Resultados

Para a análise do controle da força durante as avaliações inicial e final, a tarefa foi dividida em 13 etapas, sendo as etapas ímpares (1, 3, 5, 7, 9, 11 e 13) correspondem a fase de isotonia e as etapas pares (2, 4, 6, 8, 10 e 12) as fases de isometria. Foi considerado como aumento do controle da força a diminuição do erro absoluto médio na avaliação final em relação a avaliação inicial.

3.1. Erro absoluto médio para cada etapa de isotonia

As análises do controle da força, nas etapas de isotonia concêntrica e excêntrica, foram realizadas por meio do cálculo do erro absoluto de cada voluntário. As análises do erro absoluto médio nas etapas de isotonia concêntrica e excêntrica (rampa) na avaliação inicial e final estão apresentadas na Figura 6.



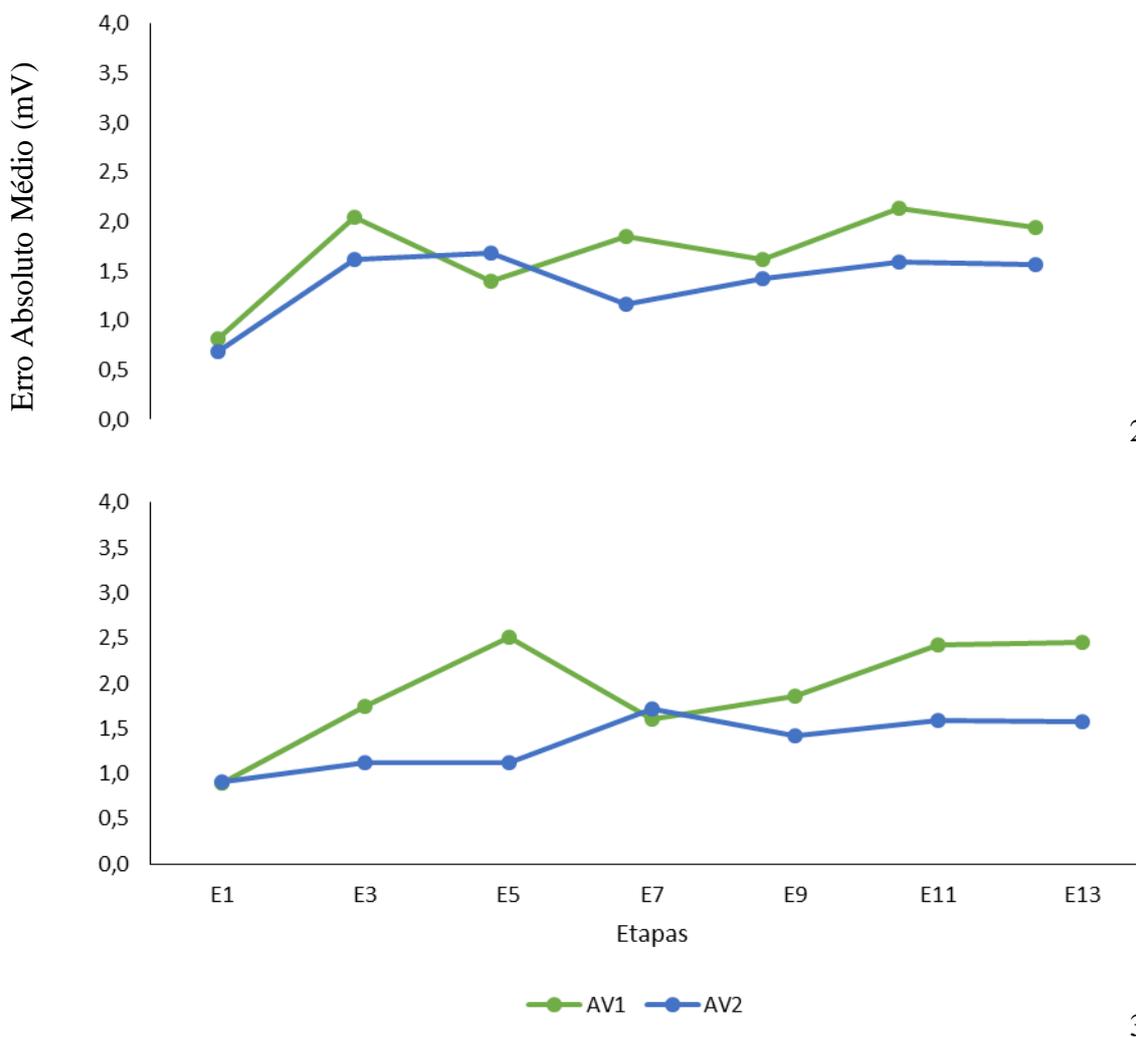


Figura 6 - Erro absoluto médio das etapas 1, 3, 5, 7, 9, 11 e 13 das avaliações inicial e final, para os voluntários 1, 2 e 3 para o membro superior esquerdo (treinado).

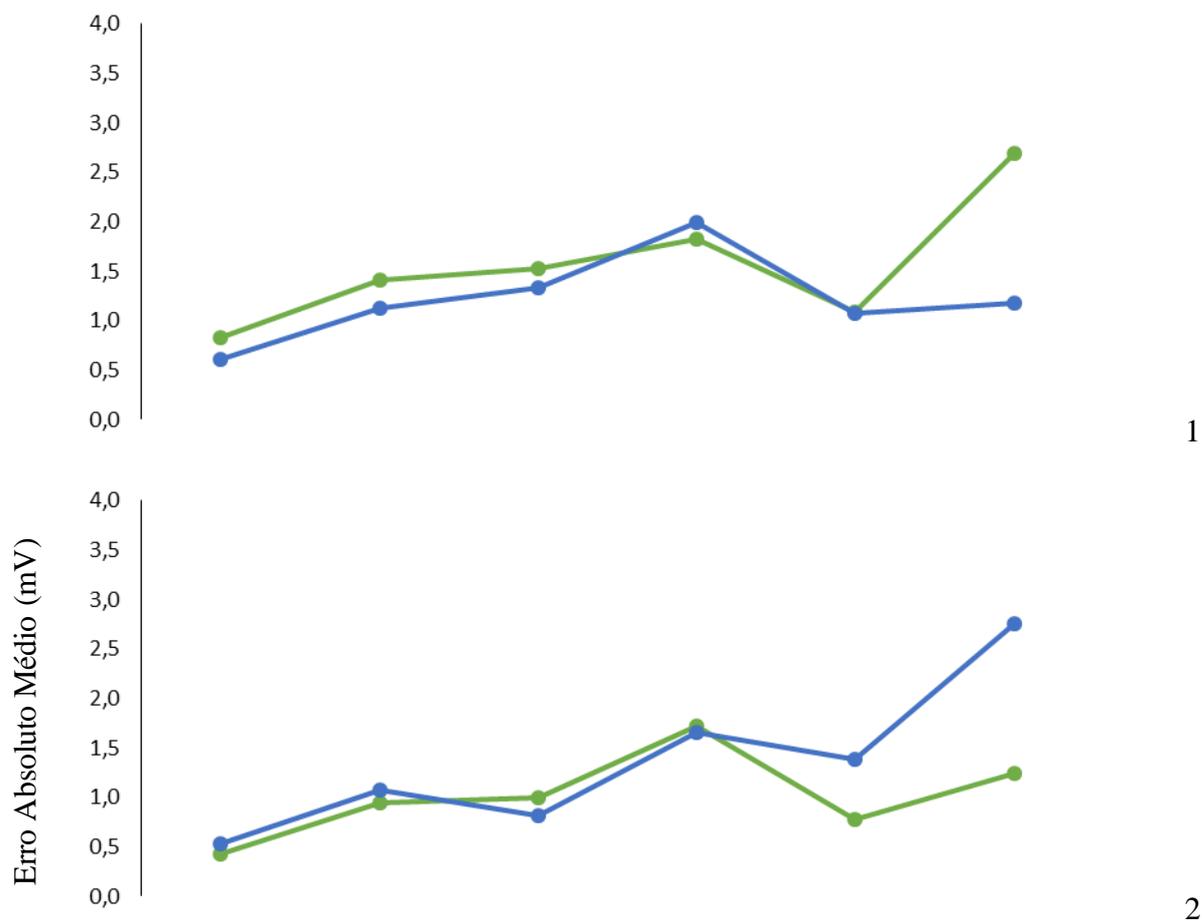
mV = milivolts; AV1 = avaliação inicial; AV2 = avaliação final; E1 = isotonia concêntrica com carga de 0 a 20% da contração isométrica voluntária máxima; E3 = isotonia concêntrica com carga de 20 a 60% da contração isométrica voluntária máxima; E5 = isotonia excêntrica com carga de 60 a 40% da contração isométrica voluntária máxima; E7 = isotonia concêntrica com carga de 40 a 60% da contração isométrica voluntária máxima; E9 = isotonia excêntrica com carga de 60 a 20% da contração isométrica voluntária máxima; E11 = isotonia concêntrica com carga de 20 a 60% da contração isométrica voluntária máxima; E13 = isotonia excêntrica com carga de 60 a 0% da contração isométrica voluntária máxima.

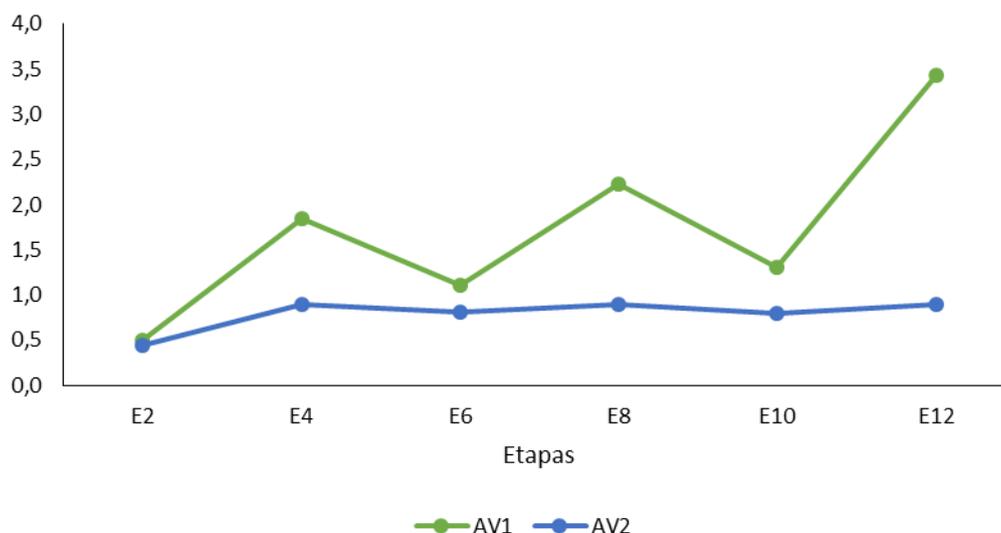
Observamos que na avaliação da isotonia, os voluntários 1, 2 e 3 apresentaram uma diminuição do erro absoluto médio na maioria das etapas, após a realização do protocolo de treinamento. Para o voluntário 1, a diminuição do erro absoluto médio ocorreu nas etapas 3, 5, 9, 11 e 13, apenas nas etapas 1 (0-20% CIVM) e 7 (40-60% CIVM) houve um aumento de 0,88 para 1,01mV e de 1,35 para 1,40mV,

respectivamente. Para o voluntário 2 houve uma diminuição da média dos erros absolutos nas etapas 1, 3, 7, 9, 11 e 13. Na etapa 5 (60-40% CIVM), houve um aumento de 1,40 para 1,68mV. Para o voluntário 3 a diminuição do erro ocorreu nas etapas de 3, 5, 9, 11 e 13, com exceção para as etapas 1 (0-20% CIVM) e 7 (40-60% CIVM) que tiveram um aumento do erro de 0,89 para 0,91mV e 1,61 para 1,72mV, respectivamente.

3.2. Erro absoluto médio cada etapa de isometria

As análises do controle da força, nas etapas de isometria, também foram realizadas para cada voluntário. Na Figura 7 estão representados os gráficos referentes as análises das avaliações inicial e final das etapas de isometria da tarefa.





3

Figura 7 – Erro absoluto médio das etapas 2, 4, 6, 8, 10 e 12 das avaliações inicial e final, para os voluntários 1, 2 e 3 para o membro superior esquerdo (treinado).

mV = milivolts; AV1 = avaliação inicial; AV2 = avaliação final; E2 = isometria com carga a 20% da contração isométrica voluntária máxima; E4 = isometria com carga a 60% da contração isométrica voluntária máxima; E6 = isometria com carga a 40% da contração isométrica voluntária máxima; E8 = isometria com carga a 60% da contração isométrica voluntária máxima; E10 = isometria com carga a 20% da contração isométrica voluntária máxima; E12 = isometria com carga a 60% da contração isométrica voluntária máxima.

Observamos que os voluntários 1, 2 e 3 apresentaram um desempenho melhor da tarefa após a realização do protocolo de treinamento. O voluntário 1 apresentou uma diminuição do erro absoluto médio nas etapas 2, 4, 6, 10 e 12 de isometria com cargas de 20%, 60%, 40%, 20% e 60% respectivamente, sendo que na etapa 8, com carga de 60%, houve um aumento do erro absoluto médio após o treinamento (1,82-1,99mV). Na avaliação das isometrias do voluntário 2 verificamos uma diminuição do erro absoluto médio apenas nas etapas 6 e 8. Para as etapas 2 (0,83-0,53mV), 4 (0,95-1,08mV), 10 (0,77-1,38mV) e 12 (1,24-2,76mV) ocorreram um aumento do erro absoluto médio. Já o voluntário 3 apresentou uma diminuição do erro absoluto médio para todas as etapas.

O erro absoluto médio foi maior nas etapas 4, 8 e 12 em que a carga foi de 60% para todos os voluntários, quando comparados aos valores das cargas de 20 e 40% da CIVM.

3.3. Erro absoluto médio total da tarefa

Foi calculado o erro absoluto médio total para as 3 séries da avaliação inicial e final, do membro treinado e posteriormente calculada a média e o desvio padrão das 3 séries. Na Tabela 1 estão apresentados os valores da média e desvio padrão do erro absoluto médio total das avaliações, do membro treinado para cada série da tarefa.

Tabela 1 – Erro absoluto médio total das avaliações inicial e final, do membro esquerdo (treinado) para as 3 séries do protocolo de treinamento.

Avaliações	Erro Absoluto Médio Total (mV)			
	Série 1	Série 2	Série 3	Média das 3 Séries
	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	
Avaliação Inicial	1,40 ($\pm 0,22$)	1,49 ($\pm 0,16$)	1,40 ($\pm 0,20$)	1,43 ($\pm 0,17$)
Avaliação Final	1,10 ($\pm 0,13$)	1,12 ($\pm 0,12$)	1,11 ($\pm 0,14$)	1,11 ($\pm 0,10$)

DP = desvio padrão; mV = milivolts.

Podemos verificar que o erro absoluto médio total foi menor na avaliação após o treinamento, para as três séries. Na análise entre as séries, não houve a diminuição do erro absoluto médio total, tanto para a avaliação inicial quanto para a final.

3.4. Erro absoluto médio total do protocolo de treinamento

A média e o desvio padrão do erro absoluto médio total foi extraído das 3 séries de cada sessão de treinamento, como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Média e desvio padrão do erro absoluto médio total dos protocolos de treinamento em rampa.

Sessões do Treinamento	Erro Absoluto Médio Total (mV)		
	Série 1	Série 2	Série 3
	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)
1	2,55 ($\pm 0,33$)	1,83 ($\pm 0,14$)	1,85 ($\pm 0,21$)
2	1,63 ($\pm 0,14$)	1,79 ($\pm 0,25$)	1,71 ($\pm 0,27$)
3	1,61 ($\pm 0,26$)	1,60 ($\pm 0,25$)	1,51 ($\pm 0,06$)
4	1,53 ($\pm 0,30$)	1,59 ($\pm 0,11$)	1,64 ($\pm 0,24$)

5	1,54 ($\pm 0,03$)	1,34 ($\pm 0,15$)	1,43 ($\pm 0,28$)
---	---------------------	---------------------	---------------------

DP = desvio padrão; mV= milivolts.

Neste caso verificamos uma diminuição progressiva do erro absoluto médio total nas três séries em relação as sessões de treinamento.

3.5. Variação da força da tarefa

Para avaliar a força relativa realizada durante a execução da tarefa foi calculada a média e desvio padrão do percentual da CIVM dos 3 voluntários, em cada série, para os membros não treinado e treinado (Figura 8).

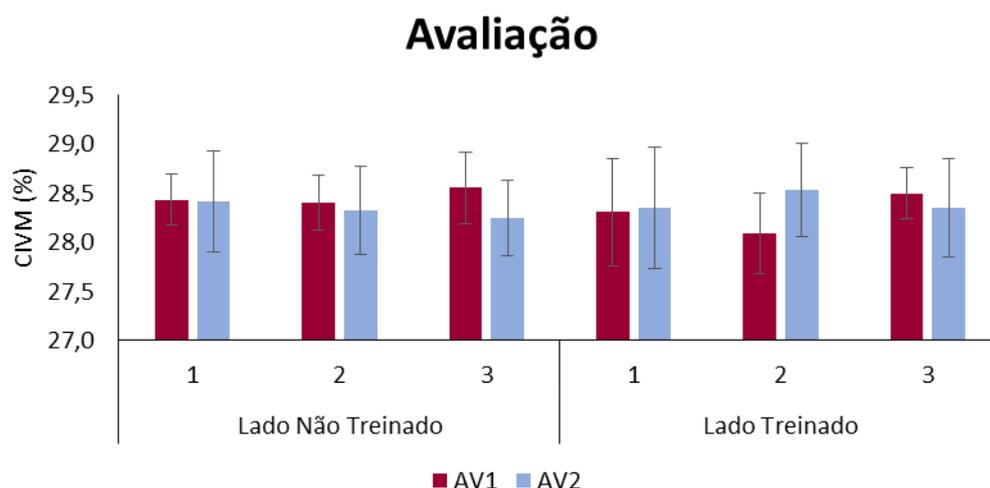


Figura 8 - Média e desvio padrão do percentual da CIVM dos 3 voluntários, de todas as séries, para os membros não treinado e treinado.

% = porcentagem; AV1 = avaliação inicial; AV2 = avaliação final.

Notamos um aumento no percentual da força relativa na avaliação final do membro treinado enquanto que o não treinado apresentou uma diminuição para as três séries. O valor da força relativa do membro treinado na avaliação final ficou próximo ao realizado pelo lado não treinado, que é o lado dominante. O percentual da força média para a tarefa é de 28,71%, para o membro treinado a média na avaliação inicial foi 28,29% e na avaliação final foi de 28,41%, e para o membro não treinado foi de 28,46% para 28,32%.

3.6. Variação da força do protocolo de treinamento

Para avaliar a força relativa realizada nos protocolos de treinamento foi calculada a média e desvio padrão do percentual da força da CIVM dos 3 voluntários, nas 3 séries das 5 sessões de treinamento (Figura 9).

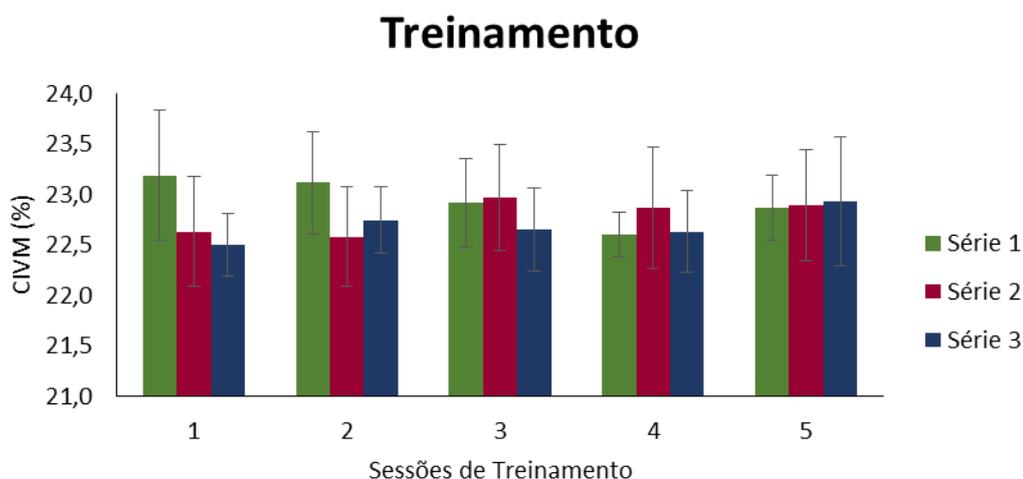


Figura 9 – Média e desvio padrão do percentual da força da CIVM dos 3 voluntários, nas 3 séries das 5 sessões de treinamento.

CIVM = contração isométrica voluntária máxima; % = porcentagem.

Na primeira sessão de treinamento observamos uma diminuição progressiva da força relativa em relação as séries, e na quinta sessão houve uma pequena variação entre as séries. O percentual de referência da força média para o treinamento é de 22,90%. Os valores da média da força relativa das 3 séries de cada sessão foram de 22,78%, 22,81%, 22,85%, 22,70%, 22,90%.

3.7. Medida da força isométrica dos músculos extensores do punho

A força isométrica do grupo muscular extensor foi mensurada antes e após as 5 sessões do treinamento. No membro não treinado a força foi de $16,34 \pm 1,38$ Kgf na avaliação inicial e $16,73 \pm 1,38$ Kgf na avaliação final e, no membro treinado os valores

da força foram de $15,33 \pm 2,16$ Kgf na avaliação inicial e $16,61 \pm 1,56$ Kgf na avaliação final. Neste caso observamos um aumento da força em 6,39% para o membro treinado, em comparação ao membro não treinado que teve um aumento de 2,39%.

4. Discussão

O exercício resistido, também denominado de treinamento contra resistência, é um elemento essencial para os programas de reabilitação para pacientes com comprometimentos da função motora e um componente integral dos programas de condicionamento para quem deseja promover ou manter a saúde e o bem-estar físico, favorecer potencialmente o desempenho de habilidade motoras e prevenir ou reduzir o risco de lesão e doenças (KISNER; COLBY, 2015).

A dificuldade do exercício é uma variável que está implícita em quase toda investigação do controle e aprendizado motor. Para esses pacientes, tem que se levar em consideração não apenas o nível de dificuldade da tarefa, mas a aptidão de quem está realizando a tarefa e sob que condição está sendo realizada (GUADAGNOLI; LEE, 2004).

Nesse contexto, o nível de dificuldade das tarefas tem que ser mais baixo nas fases iniciais da reabilitação, bem como as exigências de carga mais indicados são as mais baixas, pois são mais seguras e com isso evita-se o risco de lesão (KISNER; COLBY, 2015). Levando-se em consideração todos esses fatores, para este estudo, as avaliações e os protocolos foram desenvolvidos baseando-se na reabilitação de pacientes com doenças que afetem o punho e a mão.

Por ser um *software* experimental, as avaliações e o treinamento foram realizados inicialmente em voluntários jovens sem nenhum tipo de lesão dos membros superiores. Para esses voluntários foi verificado que associação do treinamento em rampa e o *biofeedback* tiveram um efeito positivo no aumento do controle da força durante as etapas de isotonia e isometria da tarefa.

O treinamento influenciou no maior controle da força nas etapas de isotonia quando comparados ao desempenho nas etapas de isometria. Para esses voluntários, o erro absoluto é um importante parâmetro que pode ser utilizado para avaliar o desempenho dos voluntários durante a execução de uma tarefa (MAGILL, RICHARD A., 2000).

Foi observado que o maior controle da força ocorreu na etapa de isotonia excêntrica. Para esse tipo de contração, a mecânica da ação muscular e os mecanismos de controle de produção de força são diferentes dos utilizados em ações musculares concêntricas (BARROSO; TRICOLI; UGRINOWITSCH, 2005). Segundo Davies e Barnes (1972) isso ocorre pois, durante os exercícios de contrações excêntricas os músculos realizam um menor trabalho (força e deslocamento) quando comparados aos exercícios de contração concêntrica.

Após as 5 sessões de treinamento foram observados um maior controle da força durante a realização dos protocolos em rampa e, também um maior controle da força na avaliação final da tarefa. Neste caso, a diminuição do erro absoluto médio total foi considerado um parâmetro importante para ser utilizado para avaliar o desempenho dos voluntários.

Ocorreu neste caso, um desempenho maior dos voluntários após o treinamento, e isso deve à utilização da técnica de *biofeedback* e ao tipo de treinamento. O *biofeedback* desempenha um papel importante no aprendizado de novas habilidades motoras, que incluem o maior controle das forças (MAGILL, RICHARD; ANDERSON, 2014).

Foi observado um maior controle da força com o aumento da força relativa. Neste caso, o aprendizado foi uma variável não observada diretamente, porém pode ser inferida pelas características do desempenho dos voluntários. No aprendizado de uma habilidade, a prática é considerada como o fator mais importante responsável pelo aperfeiçoamento da capacidade de desempenhar uma tarefa (ADAMS, 1964; FITTS, 1992; MAGILL, RICHARD; ANDERSON, 2014; NEWELL, ALLEN; ROSENBLOOM, 1981; NEWELL, K. M., 1991).

Nesse estudo foi observado também um aumento da força do grupo muscular extensor do punho após 5 sessões de treinamento. O aumento da força muscular ocorre em resposta as adaptações neurais devido ao treinamento de resistência (FLECK; KRAEMER, 2017). As contrações isotônicas oferecem resultados discretamente superiores em termos de força muscular, resistência e hipertrofia muscular quando comparados ao treinamento isométrico (KISNER; COLBY, 2015). Porém segundo Darcus e Salter (1955), Komi et al. (1978) sabe-se que em 5 sessões de treinamento não são suficientes para gerar ganhos significativos de força muscular, os programas de treinamento de força produzem aumento na força voluntária máxima após 12 semanas.

Blazevich e colaboradores (2007) realizaram um treinamento de curta duração durante três vezes por semana, no total de cinco semanas, e observaram que ocorreu um aumento significativo dos músculos ipsi e contralateral (não treinado) da perna, porém sem mudanças na arquitetura muscular. Esses resultados se devem a adaptações precoces à carga muscular. Após o treinamento, o rápido aumento da força foi justificado pelas alterações na estratégia de recrutamento muscular.

Espera-se que este estudo possa contribuir futuramente na inserção de novos protocolos de controle da força, fortalecimento e avaliação que incluem o uso desse *software* de *biofeedback* em grupos de pacientes que apresentem patologias que afetem o punho e a mão.

5. Conclusão

Podemos concluir que após a realização do programa de treinamento com rampa, realizado com biofeedback, os voluntários apresentaram um maior controle da força dos músculos extensores do punho, avaliado pela tarefa proposta.

Referências

- ADAMS, J A. Motor skills. **Annual review of psychology**, v. 15, n. 1, p. 181–202, 1964.
- BARROSO, R; TRICOLI, V; UGRINOWITSCH, C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. **Revista brasileira de ciência e movimento**, v. 11, n. 2, p. 111–122, 2005.
- BILODEAU, M *et al.* Normality and stationarity of EMG signals of elbow flexor muscles during ramp and step isometric contractions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 7, n. 2, p. 87–96, 1997.
- BLAZEVIČH, A J *et al.* Lack of human muscle architectural adaptation after short-term strength training. **Muscle & Nerve**, v. 35, n. 1, p. 78–86, 2007.
- DARCUS, H D; SALTER, N. The effect of repeated muscular exertion on muscle strength. **The Journal of physiology**, v. 129, n. 2, p. 325, 1955.
- DAVIES, C T M; BARNES, C. Negative (Eccentric) Work. I Effects of Repeated Exercise. **Ergonomics**, v. 15, n. 1, p. 3–14, 1972.
- DE OLIVEIRA, M A; LOSS, J F; DE SOUZA PETERSEN, R D. Controle de força e torque isométrico em crianças com DCD. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 19, n. 2, p. 89–103, 2005.

FISH, D E. *et al.* Optimal Resistance Training: Comparison of DeLorme with Oxford Techniques. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 82, n. 12, p. 903–909, 2003.

FITTS, P M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 121, n. 3, p. 262, 1992.

FLECK, Steven J; KRAEMER, William J. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**. Artmed Editora, 4 ed., 2017.

GUADAGNOLI, M A.; LEE, T D. Challenge Point: A Framework for Conceptualizing the Effects of Various Practice Conditions in Motor Learning. **Journal of Motor Behavior**, v. 36, n. 2, p. 212–224, 2004.

KISNER, C; COLBY, L A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. Manole, 6 ed., 2015.

KOMI, P V. **Força e Potência no Esporte**. Artmed Editora, 2 ed., 2009.

KOMI, P V; BUSKIRK, E R. Effect of Eccentric and Concentric Muscle Conditioning on Tension and Electrical Activity of Human Muscle*. **Ergonomics** v. 15, n. 4, p. 417–434, 1972.

MAGILL, R A. **Apendizagem Motora: Conceitos e Aplicações**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2000.

MAGILL, R; ANDERSON, D. **Motor learning and control: concepts and applications**. New York: McGraw-Hill, 2014.

SCHWARTZ, M S; ANDRASIK, F. **Biofeedback: A Practitioner's Guide**. Guilford Publication, 3 ed., 2015.

NEWELL, A; ROSENBLOOM, P S. Mechanisms of skill acquisition and the law of practice. **Cognitive skills and their acquisition**, v. 1, p. 1–55, 1981.

NEWELL, K. M. Motor skill acquisition. **Annual review of psychology**, v. 42, n. 1, p. 213–237, 1991.

OLDFIELD, R C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. **Neuropsychologia**, v. 9, n. 1, p. 97–113, 1971.

PEREIRA, R *et al.* Acute neuromuscular responses to a resistance exercise session performed using the DeLorme and Oxford techniques. **Human Movement**, v. 14, n. 4, 2013.

SHERMAN, R. **The future of biofeedback instrumentation: Applied Psychophysiology and biofeedback**. 35. ed., 2002.

SHMUELOF, L.; KRAKAUER, J. W.; MAZZONI, P. How is a motor skill learned? Change and invariance at the levels of task success and trajectory control. **Journal of Neurophysiology**, v. 108, n. 2, p. 578–594, 2012.

ZINOVIEFF, AN. Heavy-resistance exercises the “Oxford technique”. **The British journal of physical medicine: including its application to industry**, v. 14, n. 6, p. 129–132, 1951.

2.2 ARTIGO 2

**ANÁLISE DO CONTROLE DA FORÇA DE EXTENSORES DE
PUNHO APÓS COMBINAÇÃO DE EXERCÍCIOS ISTÔNICOS E
ISOMÉTRICOS**

Analysis of strength control of wrist extension after combination of isotonic and isometric exercises

Najara Nader Zago¹

Luciane Aparecida Pascucci Sande de Souza²

Andrei Nakagawa Silva³

Paulo Ricardo da Silva⁴

Alcimar Soares Barbosa⁵

Luciane Fernanda Rodrigues Martinho Fernandes²

¹ Fisioterapeuta pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)

² Docente do Departamento de Fisioterapia Aplicada da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)

³ Engenheiro Biomédico pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

⁴ Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)

⁵ Docente do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Endereço para Correspondência:

Luciane Fernanda Rodrigues Martinho Fernandes.

Av. Dona Maria de Santana Borges, 1600 - casa 11

E-mail: fernandes.luciane72@gmail.com

Resumo: Este estudo teve como objetivo avaliar o controle da força dos músculos extensores do punho, com *biofeedback*, em tarefas combinadas de exercícios isotônicos

e isométricos e com cargas máximas de 60% e 80% da contração isométrica voluntária máxima (CIVM), dos membros direito e esquerdo de mulheres. Foram incluídas 9 mulheres com média de idade de 24 (± 3) anos, destros, estudantes universitárias. Para este estudo foram desenvolvidas duas tarefas (tarefas de 60% e 80% CIVM) de avaliação de 70 segundos de duração, com exercícios combinados de isotonia e isometria e também variação entre os níveis de carga. Cada voluntária realizou a avaliação das duas tarefas de controle de força dos músculos extensores do punho. Inicialmente, a ordem de realização das tarefas foi sorteada, e realizada em dias não consecutivos. Na análise intragrupo, não foram encontradas diferenças significativas nas variáveis da força muscular para tarefa de 60%, do erro absoluto médio (etapas de isotonia e isometria), do erro absoluto total e da força relativa entre os membros de cada tarefa. Na análise intergrupo, não foram encontradas diferenças estatísticas dos valores para as tarefas. Para o erro absoluto médio (etapas de isotonia e isometria), o erro absoluto total e a força relativa foram encontradas diferenças estatísticas entre as tarefas de 60% e 80%. Concluímos que na tarefa com maior percentual de carga em relação a contração isométrica voluntária máxima, as mulheres apresentaram menor controle da força dos músculos extensores do punho para ambos os membros. Nas etapas de contrações isométricas o controle da força foi menor e não houve diferença entre os membros tanto na análise das etapas, quanto na análise das tarefas.

Palavras-chave: Análise e Desempenho de Tarefas, Força Muscular, Contração Isotônica, Contração Isométrica, *Biofeedback*.

Abstract: The aim of this study was to evaluate the force control of the wrist extensor muscles, with biofeedback in combined isotonic and isometric task exercises and with maximal loads of 60% and 80% of the maximum voluntary isometric contraction (MVIC), in right and left limbs. Nine women with mean age of 24 years (± 3) years, right-handed and university students were included. For this study were developed two tasks (60% and 80% CIVM tasks) of 70 seconds, with combined isotonic and isometric exercises, as well as variation between levels of force. Each volunteer performed an evaluation of the two force control tasks of the wrist extensor muscles. Initially, a task order was draw, and performed on non-consecutive days. In the intragroup analysis, no significant differences was found in muscle strength for the task of 60%, in the mean absolute error (isotonia and isometry stages), total absolute error and percentage force

on the members of each task. In the intergroup analysis, no statistical differences was found in muscle strength for tasks. For the mean absolute error (isotonia and isometry stages), the total absolute error and percentage force were found statistical differences in tasks of 60% and 80%. We conclude that in the task with a higher percentage of load in relation to a maximal voluntary isometric contraction, as the women showed less control of the strength of the wrist extensor muscles for both limbs. In the stages of isometric contraction or control of the force in the minor and there was no difference between the members in the analysis of the steps, as well as in the analysis of the tasks.

Keywords: Task Performance and Analysis, Muscle Strength, Isotonic Contraction, Isometric Contraction, Biofeedback.

1. Introdução

A força muscular refere-se à habilidade dos tecidos contráteis de produzir tensão ou manter a tensão gerada com base nas demandas impostas sobre o músculo. Mais especificamente, a força muscular funcional relaciona-se com a habilidade do sistema neuromuscular de produzir, reduzir e controlar a força, pretendida ou imposta, de modo coordenado, durante as atividades de vida diária (KISNER; COLBY, 2015).

A eficiência do sistema nervoso central no controle da força pode ser estudada pelas mudanças nos níveis de força na realização de tarefas envolvendo vários músculos (DE OLIVEIRA *et al.*, 2011). Na mão, a capacidade motora de produzir e controlar a força muscular está relacionado ao tipo de movimento, e a demanda imposta que incluem as tarefas de manipulação, sendo estas realizadas por meio de movimentos de preensão e pinça (DE OLIVEIRA *et al.*, 2011; NAPIER, 1956; PARK; HAN; SHIM, 2015).

A força máxima de preensão isométrica, por exemplo, é máxima quando o punho está em leve extensão, mas quando o punho é flexionado a força de preensão é acentuadamente diminuída. A preensão totalmente ineficaz produzida quando o punho é mantido em flexão completa é devida a combinação de insuficiência ativa dos flexores longos dos dedos (flexor superficial e profundo dos dedos) e insuficiência passiva do antagonista extensor longo dos dedos (SMITH; WEISS; LEHMKUHL, 1997). Nesse sentido, os músculos extensores além de atuarem como sinergistas dos movimentos da mão, também fornecem estabilidade ao punho e favorecendo a realização de tarefas que

exigem uma maior habilidade e destreza dos movimentos (LEVANGIE; NORKIN, 2011; SHIMOSE; MATSUNAGA; MURO, 2011; VOLZ; LIEB; BENJAMIN, 1980).

Uma importante técnica utilizada para análise do controle da força e da força muscular na fisioterapia é o *biofeedback*. Esse termo refere-se a uma técnica de tratamento que utiliza dispositivos de monitoramento para ajudar pacientes a controlar conscientemente os processos fisiológicos (eletromiografia) e biomecânicos (dinamometria e acelerometria), com o objetivo de fortalecer grupos musculares, melhorar a coordenação intra e intermuscular e reduzir a espasticidade, e também no treinamento esportivo, na reabilitação de lesões esportivas e no controle emocional (SHERMAN, 2002).

Apesar do uso intensivo do *biofeedback* em várias áreas da fisioterapia, pouco ainda se sabe sobre o controle da força durante a execução de tarefas de extensão do punho. Nessa perspectiva, para análise do controle da força foi desenvolvido um *software* de *biofeedback*. Para esse estudo foram desenvolvidas duas tarefas que consistiam na realização de exercícios combinados de isotonia e isometria e com variação dos níveis de carga. Por ser um *software* experimental, as avaliações das tarefas foram realizadas inicialmente em voluntárias jovens e sem nenhum tipo de lesão dos membros superiores. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar o controle da força dos músculos extensores do punho, com *biofeedback* em tarefas combinadas de exercícios isotônicos e isométricos e com cargas máximas de 60% e 80% CIVM, dos membros direito e esquerdo de mulheres.

2. Métodos

2.1. Desenho do Estudo e Participantes

Esta pesquisa caracteriza-se por ser um estudo transversal, em que foram incluídas 9 mulheres com média de idade de 24 (± 3) anos, destras, estudantes universitárias, com ausência de disfunções neuromusculares e musculoesqueléticas dos membros superiores e que não realizassem exercícios físicos para os membros superiores nos últimos 6 meses. A dominância das voluntárias foi determinada pelo Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971).

Todas as voluntárias foram informadas sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme resolução nº466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), de acordo com o parecer nº1820857.

As voluntárias realizaram a avaliação de duas tarefas de controle de força dos músculos extensores do punho. Inicialmente, para cada voluntária foi sorteada a ordem de realização das tarefas, que foram designadas em: tarefa 60% e tarefa 80%. As tarefas foram realizadas em dias não consecutivos e com no mínimo de 48 horas de intervalo entre elas.

2.2. Delineamento

Para este estudo foram desenvolvidas duas tarefas de avaliação de 70 segundos de duração, com exercícios combinados de isotonia e isometria e também variação entre os níveis de carga de 0 a 60% (tarefa 60%) e de 0 a 80% (tarefa 80%) em relação a CIVM avaliada previamente.

Nesta tarefa foram consideradas as repetições como sendo o número de vezes que o exercício de isotonia e isometria (etapas) foi repetido. E série como sendo o conjunto das etapas, ou seja, o número de vezes em que a tarefa foi realizada (KISNER; COLBY, 2015).

Tarefa 60% - A tarefa de 60% da CIVM foi dividida em 13 etapas, sendo que estas foram separadas entre isotônias e isométrias, como representado na Figura 1.

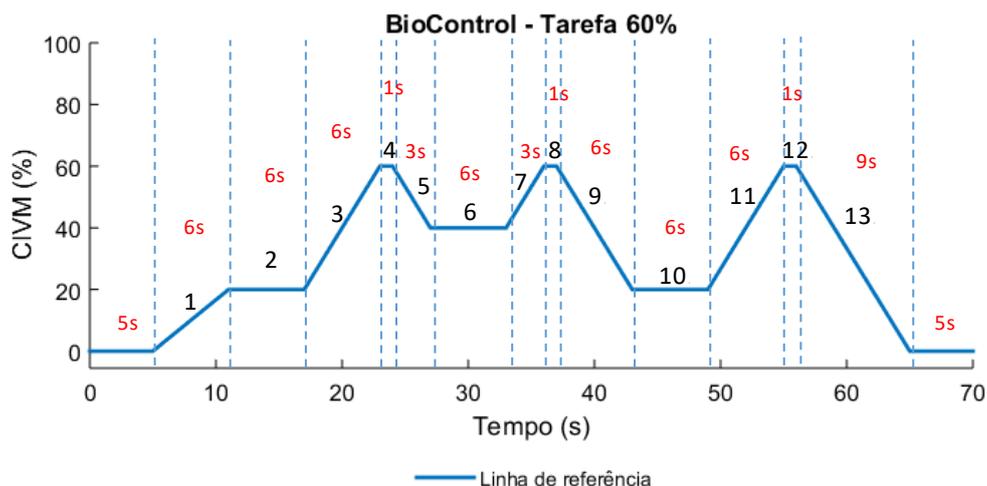


Figura 1 - Representação gráfica da divisão das 13 etapas da tarefa 60%. As etapas ímpares (1, 3, 5, 7, 9, 11 e 13) corresponderam a fase de isotonia e as etapas pares (2, 4, 6, 8, 10 e 12) as fases de isometria.

CIVM = contração isométrica voluntária máxima; % = porcentagem da carga; s = segundos.

Tarefa 80% - A tarefa de 80% da CIVM também foi dividida em 13 etapas, sendo que estas foram separadas entre isotônias e isometrias. A tarefa 80% foi representada na Figura 2.

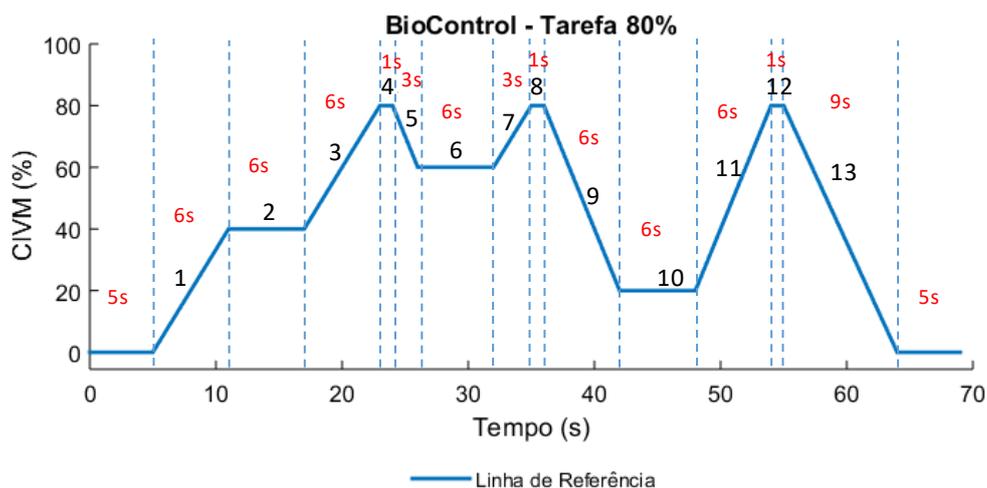


Figura 2 – Representação gráfica da divisão das 13 etapas tarefa 80%. As etapas ímpares (1, 3, 5, 7, 9, 11 e 13) corresponderam a fase de isotonia e as etapas pares (2, 4, 6, 8, 10 e 12) as fases de isometria.

CIVM = contração isométrica voluntária máxima; % = porcentagem da carga; s = segundos.

Foram realizadas 3 séries das tarefas, iniciando a coleta primeiro no membro superior esquerdo, e posteriormente no membro superior direito. O intervalo entre as séries foi de 2 minutos.

2.3. Software Biofeedback

As tarefas foram realizadas pelo *biofeedback* do *software* BioControl, desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia Biomédica (BioLab) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Por meio do *software* BioControl foi possível: criar as tarefas; calcular o valor da força máxima do grupo muscular extensor do punho pela CIVM e determinar a linha de referência ou linha de base (linha azul) com os valores referentes as cargas de 20%, 40%, 60% e 80% da CIVM de cada voluntária. O *software* BioControl foi desenvolvido para apresentar um *biofeedback* capaz de fornecer informações em tempo real da força da voluntária durante a execução da tarefa, que foi denominado de sinal de controle (linha vermelha) (Figura 3).

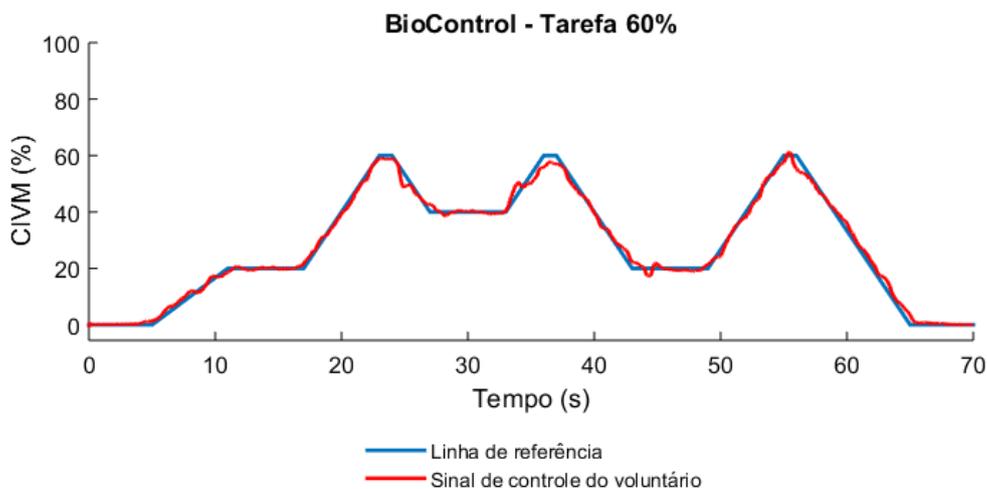


Figura 3 – Exemplo de uma tarefa efetuada por uma voluntária. Na figura tem-se a representação da linha de referência (linha azul) e sinal de controle da voluntária (linha vermelha).

CIVM = contração isométrica voluntária máxima; % = porcentagem da carga; s = segundos.

Este *software* fornece informações para o indivíduo sobre os valores das cargas e da margem de erro da tarefa e do protocolo. A margem de erro ou porcentagem de variação das forças da tarefa e do protocolo de treinamento foi padronizado em 15% (Figura 4). Durante a execução da tarefa e do protocolo de treinamento, se a voluntária variasse as

forças acima ou abaixo da margem de erro um estímulo auditivo (som) era acionado como forma de alerta. Porém se a voluntária se mantivesse dentro da margem de erro, um som agradável era tocado.



Figura 4 – Software de biofeedback BioControl.

Antes de iniciar as tarefas, foi realizada a calibração do sistema para cada voluntária, a fim de ajustar os valores da linha de referência à CIVM. Desta forma, os valores da força necessária para cada etapa das tarefas foram específicas para cada voluntária.

2.4. Equipamentos

O MyosystemBr1 é um sistema completo para eletromiografia que apresenta canais de eletromiografia utilizados para coleta da atividade muscular, e canais auxiliares que podem ser utilizados para coleta de sinais proveniente de células de carga, eletrogoniômetro, plataformas de força, equipamento isocinéticos e outros dispositivos de apoio.

Para este estudo foi utilizado uma célula de carga com capacidade de 20kgf da marca Kratos®, que foi conectada em um dos canais auxiliares do MyosystemBr1-P84®. O cálculo da CIVM e a realização das tarefas foram realizados por essa célula de carga. A frequência amostral foi de 1.200Hz.

2.4.1. Posicionamento das voluntárias no equipamento

As voluntárias foram posicionadas sentadas confortavelmente em um cadeira, situada lateralmente ao suporte da célula de carga; o ombro permaneceu levemente abduzido, o cotovelo fletido a aproximadamente 70°, antebraço pronado e dedos fletidos sobre o suporte em 'T' da célula de carga (Figura 5).



Figura 5 - Posicionamento das voluntárias.

Os valores de referência (linha de base) para as tarefas foram determinados baseando-se no teste de CIVM de cada membro superior. A coleta da CIVM foi obtida na célula de carga, durante o movimento isométrico de extensão do punho mantido por 3 segundos.

2.4.2. Calibração da célula de carga

A calibração da célula de carga foi realizada previamente as coletas. E as distribuições dos valores apresentaram uma resposta linear ($R^2=0,99$). Com isso, os valores da CIVM de extensão do punho que foram adquiridos em milivolts (mV) tiveram sua conversão para quilograma força (kgf) por meio da equação da reta proveniente da calibração (Equação 1):

$$y = 5,9132x + 0,1088 \dots\dots\dots\text{Equação 1}$$

Onde, y é igual a força em quilograma força (kgf) e x, o valor da força em milivolts (mV).

2.5. Análise dos dados

2.5.1. Para avaliar o aumento da força muscular dos extensores do punho foi calculada a média da força isométrica durante a CIVM de 3 segundos. A média dos valores da força dos 3 segundos foi mensurada em milivolts pelo *software* e foi realizada a conversão para quilogramas força, por meio da calibração da célula de carga.

2.5.2. Para a análise do controle da força (desempenho) nas tarefas foram analisados: (a) erro absoluto médio, para cada etapa das tarefas e b) erro absoluto médio total de cada tarefa, (c) a variação da força por meio do percentual de força média de cada tarefa, para cada voluntária.

Para ambas as tarefas, o desempenho das voluntárias foi calculado por meio do erro absoluto médio para as etapas e o erro absoluto médio total das tarefas. Essas variáveis serviram como parâmetro de desempenho em relação ao controle da força. Neste caso, quanto menor o valor do erro, maior o controle do movimento e conseqüentemente maior o desempenho na execução da tarefa.

a) Erro absoluto médio

O erro absoluto médio para cada etapa da tarefa foi calculado a partir da equação 2:

$$\text{Erro Absoluto Médio} = \frac{1}{(n_2 - n_1)} \sum_{i=n_1}^{n_2} |X_i - Y_i| \dots \text{Equação 2}$$

Onde n_1 refere-se ao intervalo inicial, n_2 ao intervalo final da etapa analisada, X_i referente aos valores da linha de referência e Y_i referente aos valores do sinal de controle do voluntário, ambos em módulo.

b) Erro absoluto médio total

O erro absoluto médio total da tarefa foi calculado a partir da equação 3:

$$\text{Erro Absoluto Médio Total} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i - Y_i| \dots \text{Equação 3}$$

Sendo o n igual ao somatório dos valores da taxa amostral da célula de carga, X_i referente aos valores da linha de referência e Y_i referente aos valores do sinal de controle do voluntário, ambos em módulo.

c) Variação da força das tarefas

A variação da força média de cada voluntária, representada pelo sinal de controle do voluntário, foi calculada por meio da equação 4:

$$\text{Força Média da linha de controle} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots \text{Equação 4}$$

n refere-se aos valores da taxa amostral da célula de carga e X_i refere-se aos valores do sinal de controle do voluntário.

2.5.3. Com o objetivo de se comparar a dificuldade entre as tarefas foi calculada o percentual de força média da linha de referência por meio da equação 5:

$$\text{Força Média da linha de referência} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \dots\dots\dots \text{Equação 5}$$

O percentual da força média da linha de referência da tarefa 60% é 28,71% e da tarefa 80% é 39,85% em relação a CIVM.

2.6. Análise estatística

Os arquivos de dados foram gerados pelo *software* do BioControl, processados e analisados por uma rotina no programa Matlab® (*The MathWorks Inc., USA*) versão R2015a. Para a análise da força isométrica foi utilizada a variável média da força isométrica durante a CIVM de 3 segundos e para a análise do controle da força foram utilizadas: a) o erro absoluto médio para cada uma das 13 etapas, b) o erro absoluto médio total e c) força relativa das tarefas de 60% e 80%, para os membros direito e esquerdo. Para a análise do erro absoluto médio para cada etapa, as tarefas foram divididas em 13 etapas, sendo as ímpares (1, 3, 5, 7, 9, 11 e 13) correspondem as etapas de isotonia e as pares (2, 4, 6, 8, 10 e 12) as etapas de isometria. Foi considerada a média das 3 séries de cada etapa para os valores do erro absoluto médio, erro absoluto médio total e força relativa das tarefas 60% e 80%, para os membros direito e esquerdo das voluntárias.

Os dados foram submetidos a análise descritiva e inferencial com nível de significância de 5%. Na análise estatística inferencial, para verificação da normalidade, utilizou-se o teste de *Shapiro-Wilk*. Para análise intragrupo e intergrupo foi utilizado o teste “t” de *Student* para amostras independentes. Na análise intragrupo os valores do

erro absoluto total foram comparados entre os membros direito e esquerdo das voluntárias de cada tarefa e na análise intergrupo os valores do erro absoluto total e a força relativa do membro direito e do membro esquerdo foram comparados entre as tarefas. Os dados foram processados por meio do programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS®) versão 20.

3. Resultados

3.1. Força isométrica dos músculos extensores do punho

Os valores da CIVM mensurados em mV pela célula de carga foram convertidos em Kgf por meio da calibração realizada previamente. A força isométrica do grupo muscular extensor foi mensurada dos membros direito e esquerdo para as tarefas de 60% e 80%. Na tarefa 60% a força do membro direito foi de $8,69 \pm 1,57$ Kgf, e do membro esquerdo foi de $7,60 \pm 1,23$ Kgf. Na tarefa 80% a força do membro direito foi de $8,96 \pm 1,68$ Kgf, e do membro esquerdo foi de $7,26 \pm 1,48$ Kgf.

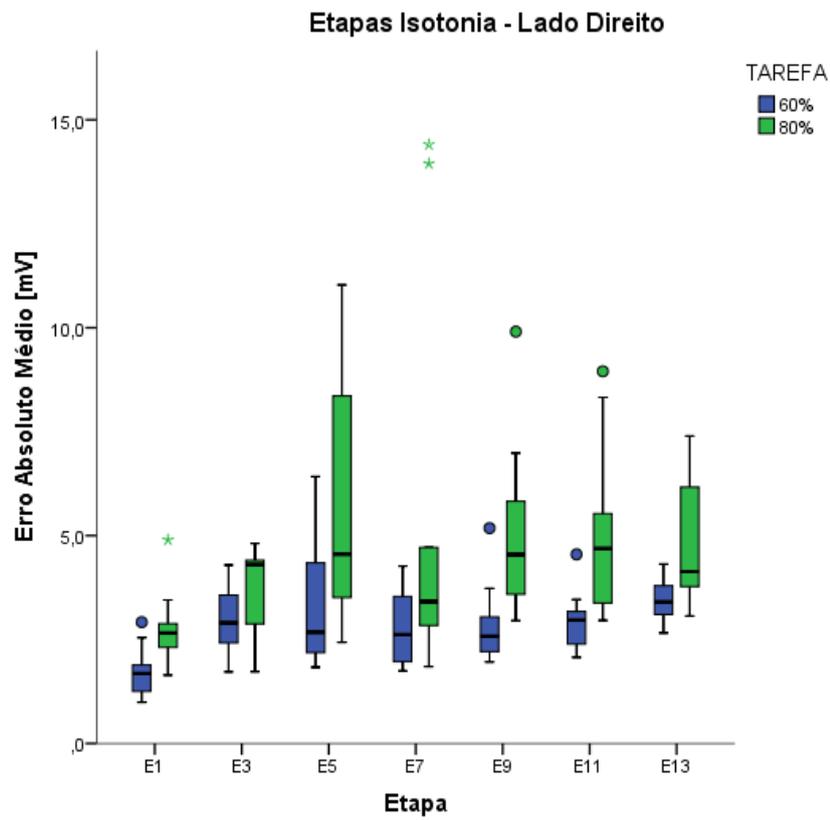
Na análise intragrupo não foram encontradas diferenças significativa nos valores da força do grupo extensor muscular dos membros direito e esquerdo da tarefa 60% ($p \leq 0,119$) e para a tarefa 80% houve uma diferença significativa entre as forças dos membros direito e esquerdo ($p \leq 0,037$).

Na análise intergrupo, não foram encontradas diferenças estatísticas para os valores das forças do grupo muscular extensor nas tarefas 60% e 80%, tanto para o membro direito ($p \leq 0,734$) quanto para o membro esquerdo ($p \leq 0,609$).

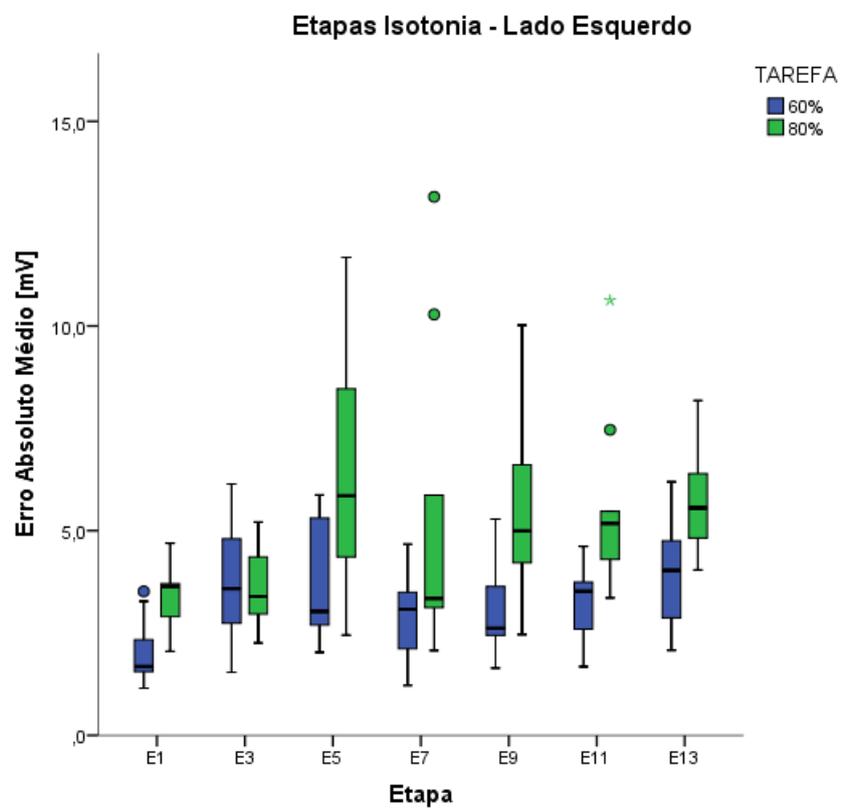
3.2. Erro absoluto médio nas etapas das tarefas de 60% e 80%

3.2.1. Erro absoluto médio para cada etapa de isotonia nas tarefas de 60% e 80%

Os valores das medianas e quartis do erro absoluto, nas fases de isotonia concêntrica e excêntrica das tarefas de 60% e 80%, para os membros direito e esquerdo, estão apresentados na Figura 6.



A



B

Figura 6 – Erro absoluto médio das etapas de isotonia das tarefas de 60% e 80% dos

membros (A) direito e (B) esquerdo.

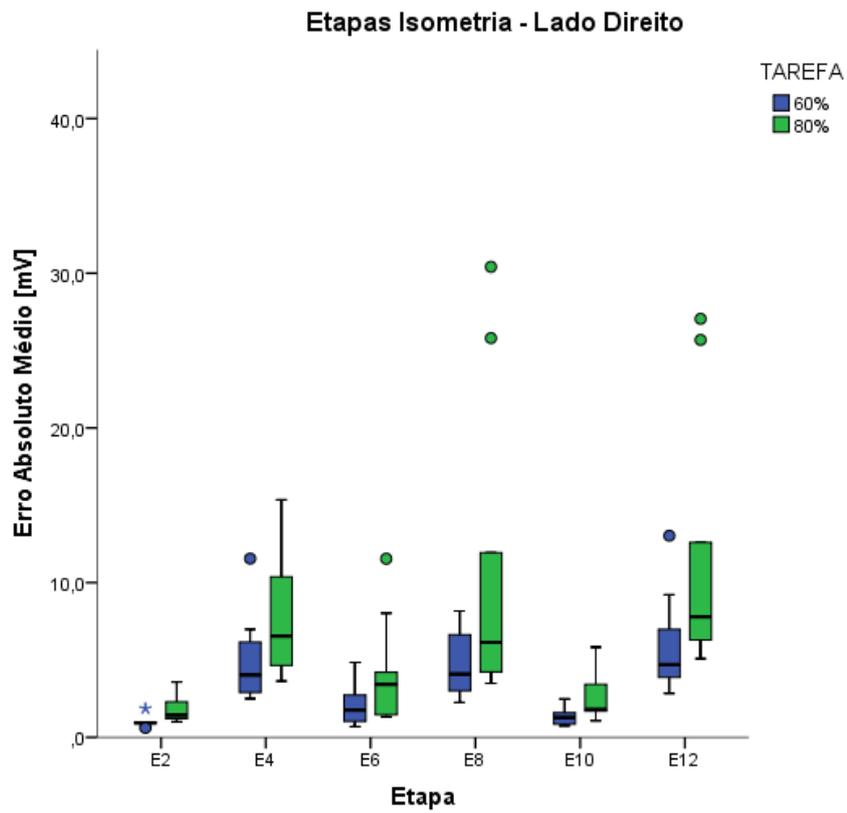
mV = milivolts; E1 = etapa 1; E3 = etapa 3; E5 = etapa 5; E7 = etapa 7; E9 = etapa 9; E11 = etapa 11; E13 = etapa 13.

Podemos verificar que o maior erro encontrado, tanto no membro superior direito quanto no membro superior esquerdo, foi na etapa E5 pois foi a etapa em que as voluntárias precisavam fazer uma contração excêntrica de 60-40% na tarefa 60%, e 80-60% na tarefa 80%, em um tempo curto de 3 segundo, dificultando o controle da força.

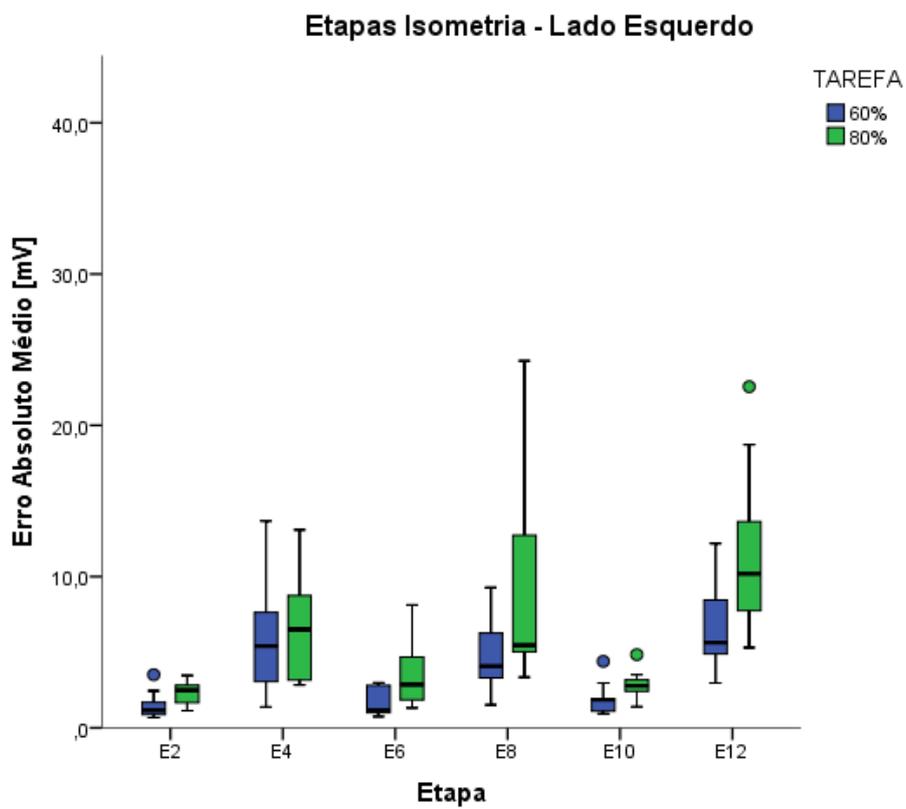
Na análise intragrupo (comparando os membros direito e esquerdo em cada tarefa), não foram encontradas diferenças significativas na variável do erro absoluto médio para nenhuma das etapas de isotonia tanto para a tarefa de 60% quanto para a tarefa de 80%. Na análise intergrupo (tarefa 60% vs tarefa 80%) foram encontradas diferenças significativas, na fase de isotonia para o erro absoluto médio das etapas E1 ($p \leq 0,011$), E9 ($p \leq 0,012$) e E11 ($p \leq 0,017$) para o membro direito, e nas etapas E1 ($p \leq 0,008$), E5 ($p \leq 0,039$), E9 ($p \leq 0,026$), E11 ($p \leq 0,009$) e Emk,13 ($p \leq 0,009$) para o membro esquerdo.

3.2.2. Erro absoluto médio para cada etapa de isometria nas tarefas de 60% e 80%

Os valores das medianas e quartis do erro absoluto médio, nas etapas de isometria das tarefas de 60% e 80%, para os membros direito e esquerdo, estão apresentados na Figura 7.



A



B

Figura 7 – Erro absoluto médio das etapas de isometria das tarefas de 60% e 80% dos

membros (A) direito e (B) esquerdo.

mV = milivolts; E2 = etapa 2; E4 = etapa 4; E6 = etapa 6; E8 = etapa 8; E10 = etapa 10; E12 = etapa 12.

Os maiores erros encontrados foram nas etapas E4, E8 e E12, o que correspondem as etapas de isometria com os maiores percentuais de carga, tanto no membro superior direito quanto no membro superior esquerdo, como também nas duas tarefas. Na etapa E10, o percentual de carga foi o mesmo (20%) para as duas tarefas e podemos observar uma maior variação do erro na tarefa de 80%, tanto no membro superior direito, quanto no esquerdo.

Na análise intragrupo (comparando os membros direito e esquerdo em cada tarefa), não foram encontradas diferenças significativas no erro absoluto médio para as etapas de isometria, tanto na tarefa de 60% quanto na tarefa de 80%. Na análise intergrupo (tarefa 60% vs tarefa 80%), foram encontradas diferenças significativas, na fase de isometria para o erro absoluto médio de nas etapas E2 ($p \leq 0,036$) e E10 ($p \leq 0,045$) para o membro direito, e nas etapas E6 ($p \leq 0,022$) e E12 ($p \leq 0,039$) para o membro esquerdo.

3.3. Erro absoluto médio total nas tarefas de 60% e 80%

Na Figura 8 está apresentado os valores das medianas e quartis do erro absoluto médio total das tarefas de 60% e 80%, dos membros direito e esquerdo.

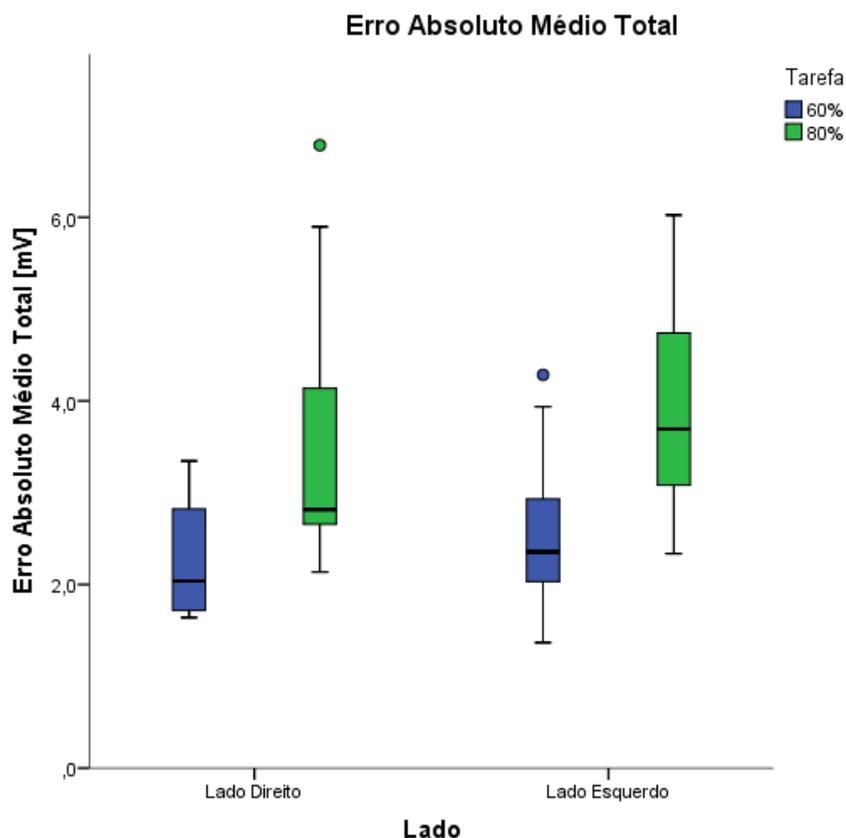


Figura 8 – Erro absoluto médio total das tarefas 60% e 80%, dos membros direito e esquerdo.

mV = milivolts.

Observamos que o erro absoluto médio total foi maior na tarefa com carga máxima à 80% CIWM, quando comparado a tarefa com carga máxima à 60% CIWM. Na análise intragrupo não foram encontradas diferenças significativa no erro absoluto total para os membros direito e esquerdo da tarefa 60% ($p \leq 0,525$) e nem para os membros direito e esquerdo da tarefa 80% ($p \leq 0,722$). Porém, na análise intergrupo foram encontradas diferenças estatísticas para o erro absoluto médio total entre as tarefas 60% e 80%, tanto para o membro direito ($p \leq 0,023$) quanto para o membro esquerdo ($p \leq 0,020$).

3.4. Variação da força nas tarefas de 60% e 80%

Os valores da força relativa das 3 séries da tarefa de 60% e 80%, para os membros direito e esquerdo estão representados na Figura 9.

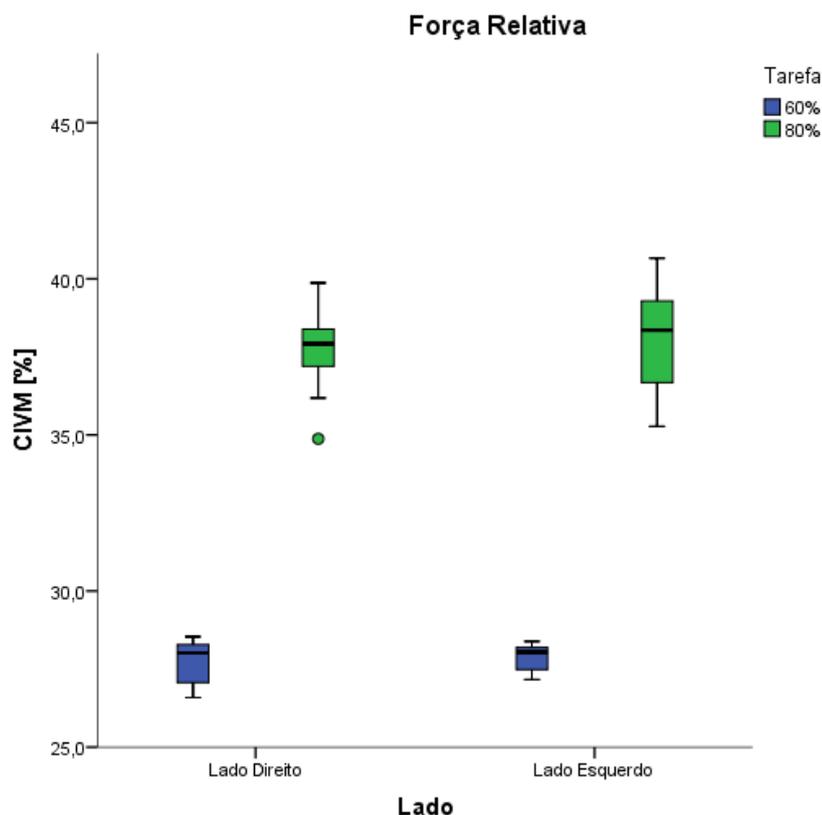


Figura 9 - Representação gráfica da média e desvio padrão da força relativa das tarefas 60% e 80%, dos membros direito e esquerdo.

CIVM = contração isométrica voluntária máxima; % = porcentagem da carga.

O percentual da força média da linha de referência da tarefa 60% é 28,71% e da tarefa 80% é 39,85% em relação a CIVM. Na tarefa 60%, as voluntárias atingiram uma força relativa de $27,75 \pm 0,74\%$ para o lado direito, e $27,85 \pm 0,43\%$ para o membro esquerdo. Para a tarefa 80%, os valores da força relativa foram de $37,73 \pm 1,52\%$ para o lado direito, e $38,13 \pm 1,72\%$ para o membro esquerdo.

Na análise intragrupo não foram encontradas diferenças significativa para os membros direito e esquerdo da tarefa 60% ($p \leq 0,694$), e para os membros direito e esquerdo da tarefa 80% ($p \leq 0,485$). Na análise intergrupo, foram encontradas diferenças estatísticas para a força relativa das tarefas de 60% e 80%, tanto para o membro direito ($p \leq 0,000$) quanto para o membro esquerdo ($p \leq 0,000$).

4. Discussão

O presente estudo demonstrou que as voluntárias apresentaram maior predição de força muscular no membro dominante (direito), maior controle da força na tarefa de 60% e uma sustentação maior da força do membro esquerdo durante a execução das tarefas de 60% e 80%.

A força do grupo muscular extensor do punho foi avaliada previamente a execução de cada tarefa. Neste caso foi observado que o lado dominante (direito) das voluntárias apresentou valores maiores de força para os músculos extensores quando comparados ao lado não dominante (esquerdo). Segundo Petersen *et al.* (1989) o membro não dominante tem uma tendência a apresentar de 5 a 10% a menos de força em relação ao lado dominante, em relação a força para os músculos flexores e extensores durante o teste de preensão palmar (PETERSEN *et al.*, 1989). A força dos músculos extensores foi mensurada previamente a execução da cada tarefa de cada voluntária, e apesar de encontrarmos variações nesses valores, essa diferença não foi significativa.

Segundo Magill (2000) a quantidade de erros que uma pessoa comete, como resultado do desempenho de uma habilidade, tem ocupado um lugar de destaque na pesquisa de desempenho humano. As medidas de erros nos permitem avaliar o desempenho de uma habilidade para as quais o objetivo da ação é a precisão. Esse erro é interpretado como a diferença absoluta entre o desempenho real em cada tentativa e a meta. Somando essas diferenças e dividindo pelo número de tentativas, teremos o erro absoluto médio para as tentativas. O erro absoluto fornece informações úteis sobre o valor do erro cometido por um indivíduo ao realizar uma tentativa. Esse resultado fornece um índice geral de precisão da sessão para cada indivíduo.

Para esse estudo não foram encontradas diferenças no desempenho do controle de força entre os lados direito e esquerdo das tarefas de 60% e 80% para esse grupo de voluntárias. Sabe-se que a preferência de lateralidade na realização de tarefas já é bastante compreendida na área de desempenho motor (MAGILL, 2000). E que as assimetrias laterais estão presentes nas preferências quanto ao nível de desempenho apresentado pelos segmentos corporais para ambos os lados. O lado dominante normalmente apresenta vantagens de desempenho em uma série de tarefas motoras, particularmente aqueles que envolvem movimentos finos (BOROD; CARON; KOFF, 1984; PROVINS, 1997), de velocidade de contato manual do alvo (ANNETT;

HUDSON; TURNER, 1974; CARSON *et al.*, 1993; CARSON, 1989; FLOWERS, 1975), e no desempenho de ações motoras complexas, tais como arremessar (WATSON; KIMURA, 1989). Porém quando as exigências das tarefas estão relacionadas a forças sabe-se que as áreas envolvidas para o controle das forças não estão relacionadas somente aos hemisférios cerebrais (MAGILL, 2000).

Comparando as etapas de isometria e isotonia, observamos maiores valores da mediana e maiores variações do erro absoluto médio nas etapas de isometria para tarefa de 80%. Nas etapas de isotonia o maior erro encontrado foi na etapa E5 de contração para os membros direito e esquerdo, de ambas as tarefas. Entretanto, para a isometria no membro direito as etapas com maior erro foram as contrações com menor carga e no membro esquerdo foram as com maior carga.

Para este estudo, o desempenho das voluntárias nas etapas de isometria pode ter sido influenciado pelo nível da carga, dificuldade da tarefa e pelo tempo de sustentação da carga. Baptista e colaboradores (2013) avaliaram a fadiga muscular após a realização de tarefas de isometria em degrau com cargas de 20%, 40% e 60% da CIVM de voluntários jovens sem lesão dos membros superiores. E concluíram que o tempo de realização da tarefa, o número de repetições e a carga são fatores que influenciam a fadiga muscular e que o pior desempenho da tarefa aconteceu nos exercícios com carga maior.

Verificamos também que o pior desempenho na etapa de isotonia aconteceu nas etapas com tempo de 3 segundos para descida (E5) e de 3 segundo para subida (E7), para ambas as tarefas. Essas etapas correspondiam a carga de 60-40% e 40-60% na tarefa 60% e de 80-60% e 60-80% na tarefa 80%. Neste caso, o tempo influenciou em uma menor distância realizada de movimento e, conseqüentemente isso influenciou diretamente na menor precisão e controle da força (MAGILL, 2000).

5. Conclusão

Concluimos que na tarefa com maior percentual de carga em relação a contração isométrica voluntária máxima, as mulheres apresentaram menor controle da força dos músculos extensores do punho para ambos os membros. Nas etapas de contrações isométricas o controle da força foi menor e não houve diferença entre os membros tanto na análise das etapas, quanto na análise das tarefas.

Referências

- ANNETT, M; HUDSON, P T W; TURNER, A. The reliability of differences between the hands in motor skill. **Neuropsychologia**, v. 12, n. 4, p. 527–531, 1974.
- BAPTISTA, M T *et al.* Teste de força de preensão manual: estudo da fadiga mioelétrica do flexor radial do carpo e flexor superficial dos dedos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 27, n. 3, p. 345–353, 2013.
- BOROD, J C.; CARON, H S.; KOFF, E. Left-handers and right-handers compared on performance and preference measures of lateral dominance. **British Journal of Psychology**, v. 75, n. 2, p. 177–186, 1984.
- CARSON, R G *et al.* Asymmetries in the Regulation of Visually Guided Aiming. **Journal of motor behavior**, v. 25, n. 1, p. 21–32, 1993.
- CARSON, Richard G. Manual Asymmetries: Feedback Processing, Output Variability, and Spatial Complexity— Resolving Some Inconsistencies. **Journal of Motor Behavior** v. 21, n. 1, p. 38–47, mar. 1989.
- DE OLIVEIRA, D G *et al.* Grip Force Control in Individuals with Hand Osteoarthritis. **Journal of Hand Therapy**, v. 24, n. 4, p. 345–355, 2011.
- FLOWERS, K. Handedness and controlled movement. **British Journal of Psychology**, v. 66, n. 1, p. 39–52, 1975.
- KISNER, C; COLBY, L A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. Manole, 6 ed., 2015.
- MAGILL, R A. **Apendizagem Motora: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Blucher, 5 ed., 2000.
- NAPIER, J R. The prehensile movements of the human hand. **Bone & Joint Journal**, v. 38, n. 4, p. 902–913, 1956.
- OLDFIELD, R C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. **Neuropsychologia**, v. 9, n. 1, p. 97–113, 1971.
- PARK, J; HAN, D W; SHIM, J K. Effect of resistance training of the wrist joint muscles on multi-digit coordination. **Perceptual and Motor Skills**, v. 120, n. 3, p. 816–840, 2015.
- PETERSEN, P *et al.* Grip strength and hand dominance: challenging the 10% rule. **American Journal of Occupational Therapy**, v. 43, n. 7, p. 444–447, 1989.
- PROVINS, K. A. The Specificity of Motor Skill and Manual Asymmetry: A Review of the Evidence and Its Implications. **Journal of Motor Behavior**, v. 29, n. 2, p. 183–192, 1997.
- SHERMAN, R. **The future of biofeedback instrumentation: Applied Psychophysiology and biofeedback**. 35. ed., 2002.
- SMITH, L K; WEISS, E L; LEHMKUHL, L D. **Cinesiologia Clínica de Brunnstrom**. 5. ed., 1997.
- WATSON, N V; KIMURA, D. Right-hand superiority for throwing but not for intercepting. **Neuropsychologia**, v. 27, n. 11, p. 1399–1414, 1989.

2.3 ARTIGO 3

Videogame como proposta terapêutica no fortalecimento dos músculos da mão após fratura complexa do punho: relato de caso*Serious game as therapeutic approach in strengthening the hand muscles after complex fracture of the wrist: a case report*

Najara Nader Zago¹

Nuno Miguel Lopes De Oliveira²

Bruno Goto Kimura³

Marco Aurélio Sertório Grecco⁴

Dernival Bertocello²

Luciane Fernanda Rodrigues Martinho Fernandes²

¹ Fisioterapeuta pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Uberaba, MG, Brasil.

² Docente do Departamento de Fisioterapia Aplicada da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Uberaba, MG, Brasil.

³ Graduando em Fisioterapia pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Uberaba, MG, Brasil.

⁴ Docente da Disciplina de Ortopedia e Traumatologia da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Uberaba, MG, Brasil.

Endereço para Correspondência:

Luciane Fernanda Rodrigues Martinho Fernandes.

Av. Dona Maria de Santana Borges, 1600 - casa 11

E-mail: fernandes.luciane72@gmail.com

RESUMO: Esse estudo teve como objetivo avaliar se houve aumento da força dos músculos da mão e redução dos escores de incapacidade funcional após a realização de um programa de fortalecimento utilizando o videogame E-Link para um paciente com fratura complexa do punho. Caso Clínico: paciente com idade de 40 anos, sexo

masculino, destro, com fratura distal de rádio e ulna a esquerda e diástase rádio-ulnar distal. Inicialmente foram realizadas técnicas para controle do edema e alongamentos para aumento da amplitude de movimento. Na fase do fortalecimento foram avaliadas as medidas de força instrumental, teste de 10 repetições máximas e apresentados os escores dos questionários funcionais. O treinamento foi realizado no membro lesado e seguindo o regime isotônico da técnica de *Oxford*. Foram realizadas 2 sessões semanais de fortalecimento, com duração de 40 minutos, totalizando 17 sessões. Os resultados obtidos nesse estudo demonstraram que houve aumento das forças de preensão e de pinças e redução dos escores de incapacidade funcional após 17 sessões de um programa de fortalecimento para os músculos da preensão e das pinças. E foi verificado manutenção das forças de preensão, pinça polpa-trípode e aumento da força de pinça polpa lateral após *follow up* de 4 meses. No paciente estudado, o fortalecimento por meio do videogame foi eficaz para recuperação completa da força muscular após tratamento cirúrgico para fratura complexa do punho.

Palavras-chave: Fisioterapia, Fraturas do Rádio, Fraturas da Ulna, Treinamento de Resistência, Reabilitação, Jogos de Vídeo.

ABSTRACT: This study aimed to analyze the effect using the serious game E-link in handgrip and pinch strengthening in a patient with a complex wrist fracture. Case study: Patient with 40 years old, right-handed, with a distal radius and ulna fracture and radioulnar diastasis in left hand. Initially were realized techniques for edema control and stretching to increase range of motion, prior to strengthening using a serious game. In the strengthening phase were evaluated the instrumental force measurements, 10 maximum repetitions test and functional questionnaires. The injured side was trained, and was performed the isotonic regimes of Oxford technique. The results obtained in these studies show that there was an increase in grip and pinch strength and a reduction of functional disability scores after 17 sessions of a strengthening program. It was confirmed the maintenance of the forces of grip and pinches after follow-up of 4 months. For this patient the strengthening, through serious game was effective for the complete recovery of muscle strength after the surgical treatment for complex fracture of the wrist.

Keywords: Physical Therapy Specialty, Radius Fractures, Ulna Fractures, Resistance Training, Rehabilitation, Video Games.

INTRODUÇÃO

As fraturas da extremidade distal do punho têm implicações diversas quando comparadas as outras regiões do corpo, uma vez que comprometem a amplitude de movimento, a força muscular, a precisão, a destreza e controle dos movimentos. Qualquer lesão nessa região, por mais leve que seja, ocasiona grande incapacidade funcional que pode limitar, de maneira temporária ou permanente, a realização de atividades de vida diária (1).

Dentre as principais fraturas do punho, a fratura distal do rádio e da ulna estão entre as principais causas de afastamento do trabalho, segundo os dados Previdência Social (2). As fraturas distais do rádio apresentam alta incidência em adultos devido ao aumento dos acidentes de trânsito, quedas de alturas e traumas esportivos. E em decorrência dos traumas de alto impacto são mais comuns as fraturas de extremidade da ulna associadas ao rádio (3).

Essas fraturas consideradas complexas, retardam o processo de reabilitação e podem gerar incapacidades residuais decorrentes do comprometimento da articulação radio-ulnar distal e da fibrocartilagem triangular. Fatores tais como dor na região rádio-ulnar e limitação dos movimentos de rotação do antebraço são decorrentes da instabilidade, incongruência articular e lesões da articulação do carpo. Essas últimas duas complicações, quando não tratados precocemente, podem provocar danos irreversíveis, um risco maior de instabilidade e de não união óssea (4).

Visando recuperar a força muscular, a fisioterapia tem um papel importante nesse aspecto. O comprometimento da força muscular nas fraturas da extremidade distal do punho provoca diminuição ou inabilidade para realizar as atividades de vida diária. Para esses pacientes, o fortalecimento muscular é importante para proporcionar maior independência funcional e retorno precoce as atividades de vida diária e de trabalho (5–7).

Nesse contexto, a fisioterapia dispõe de *kits* de exercitadores de mão e dedos que apresentam resultados satisfatórios para o fortalecimento dos músculos flexores e extensores do punho e da mão (8). Entre outros métodos de reabilitação, o uso de novas tecnologias tem ganhado espaço nos últimos tempos, promovendo maior interação do paciente com o tratamento (9). Os ambientes virtuais são uma ferramenta importante na

reabilitação desses pacientes. Vários equipamentos foram desenvolvidos e/ou adaptados para a reabilitação das mãos, dentre eles destacam-se o videogame E-link®, Nintendo® Wii, Xbox® e 360 Kinect (10). Esses equipamentos visam aumentar o interesse e a motivação dos pacientes nas fases de fortalecimento e recuperação funcional.

O *Kit* E-link H500 da marca Biometrics® foi desenvolvido especialmente para a reabilitação. Este kit possui jogos de videogame que são controlados por dinamômetros de preensão e pinça, permitindo o fortalecimento dos músculos intrínsecos e extrínsecos da mão. Para se ter um bom desempenho no jogo, o sujeito deve realizar uma isometria ou isotonia adequada (dependendo do jogo escolhido) para vencer a carga imposta, durante um período determinado pelo terapeuta. O sujeito recebe tanto o *biofeedback* visual quanto o auditivo para certificar-se de que está realizando o treinamento corretamente. O ambiente virtual composto de jogos permite a interação do paciente com o processo de reabilitação, experimentando sensações de uma realidade diferente da terapia convencional, tornando-se um elemento motivacional para a sua reabilitação (11).

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar se houve aumento da força dos músculos da mão e redução dos escores de incapacidade funcional após a realização de um programa de fortalecimento utilizando o videogame E-Link para um paciente com fratura complexa do punho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um estudo de caso do tipo longitudinal, aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), com parecer 1825. A natureza e finalidade do estudo foram explicados e o termo de consentimento livre e esclarecido foi obtido previamente ao início das intervenções, assegurando todos os procedimentos éticos que estão apontados pela resolução nº466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Os exames médicos e procedimentos cirúrgicos para o tratamento das fraturas foram realizados em janeiro/2016 por um médico ortopedista, cirurgião da mão do Hospital de Clínicas da UFTM.

O sujeito deste caso é um paciente com idade de 40 anos, sexo masculino, destro e professor universitário, com diagnóstico de fratura distal de rádio e ulna, com diástase rádio-ulnar à esquerda. O mecanismo de trauma foi queda com o punho em extensão

durante prática esportiva. Na admissão foram realizados: exame clínico, radiológico e tomografia computadorizada (Figura 1A).

A fratura foi classificada como multifragmentar da articulação da cabeça da ulna e articular e metafisária do rádio. Segundo a Classificação Universal ou de Rayhack, a fratura pode ser classificada como IV C e, segundo a classificação da *Association for Osteosynthesis/Association for the Study of Internal Fixation* (AO/ASIF) como 23-C3. Como tratamento, foi realizado intervenção cirúrgica com colocação de placa volar rígida com dez parafusos na região do rádio e redução da fratura da cabeça da ulna com colocação de dois parafusos, como apresentado na Figura 1B.

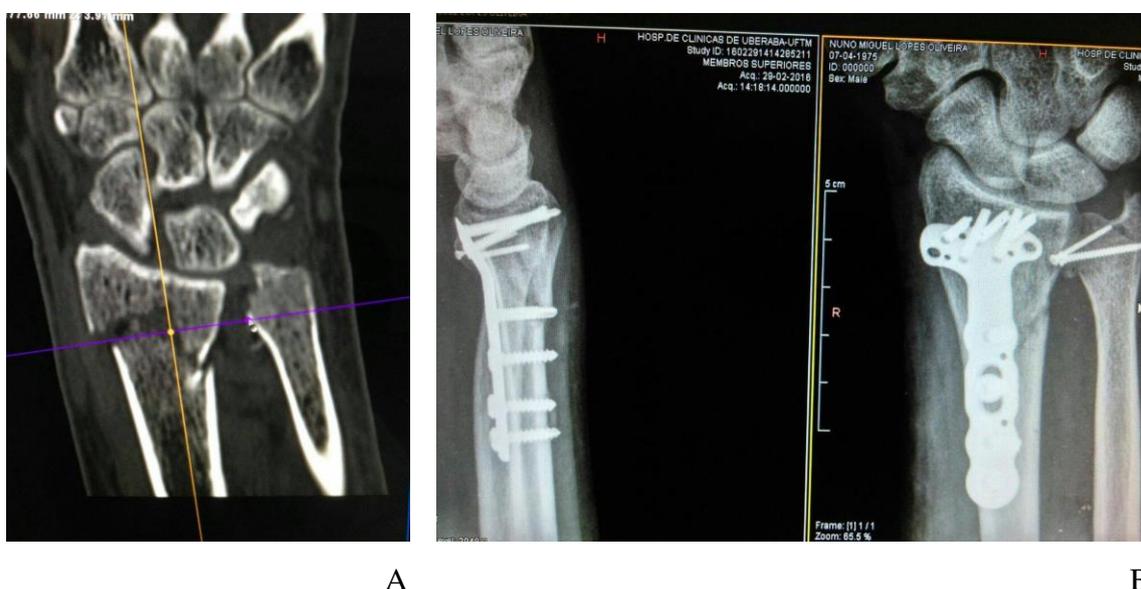


Figura 1 - (A) Tomografia computadorizada do punho realizado na admissão do paciente, com incidência pósterio-anterior evidenciando a fratura distal de rádio e ulna e a diástase rádio-ulnar distal à esquerda; (B) Radiografia do punho realizado no pós-operatório nas incidências de perfil e pósterio-anterior evidenciando a fixação da fratura.

Após 30 dias de cirurgia, o paciente recebeu a liberação do médico para dar início à avaliação e ao tratamento fisioterapêutico no Ambulatório Maria da Glória da UFTM. O processo de reabilitação deste paciente foi dividido em fase 1 ou fase de recuperação da função e fase 2 ou de fortalecimento. Na fase 1 foram realizadas a avaliação fisioterapêutica contendo dados pessoais, a anamnese e o exame físico compreendendo a mensuração da dor por meio da Escala Visual Analógica (EVA), avaliação da amplitude ativa dos movimentos do antebraço e punho por meio do goniômetro e teste de força muscular manual.

A intervenção na fase 1 do tratamento consistiu na realização de técnicas de drenagem linfática manual associado a técnica de enfaixamento compressivo com Coban® para redução e controle do edema; técnicas de inibição recíproca neuromuscular para alongamento muscular e reabilitação funcional utilizando o método Maps Therapy® para aumento da amplitude de movimento do antebraço e do punho. O paciente também recebeu orientações domiciliares para cuidado da pele e da cicatriz, auto alongamento para antebraço, punho e dedos, exercícios ativo livre de dedos e crioterapia para controle da dor e do edema se necessário.

A fase 2 do tratamento (fase de fortalecimento) teve início quando o paciente atingiu amplitude funcional de antebraço e punho, amplitude ativa completa de dedos e relato de ausência de dor. Nesta fase foram realizadas as medidas de força de preensão palmar e de pinças (polpa-polpa, polpa-lateral e polpa-trípode), e as avaliações funcionais por meio dos questionários *Disability of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH) e *Patient Rated Wrist Evaluation* (PRWE).

Para as medidas de forças foram utilizados os dinamômetros de preensão e pinça do *Kit E-link* da marca Biometrics® e o *software* de avaliação para os membros superiores (*EWS – Upper Extremity Evaluation Software*) (12). Foram realizadas 3 medidas de força isométrica máxima da preensão e das pinças e calculada a média. Durante esta avaliação o paciente foi instruído a permanecer sentado, com o cotovelo fletido a 90°, antebraço e punho em neutro, segundo a recomendação da Sociedade Americana dos Terapeutas da Mão (13). Foi utilizada a empunhadura do dinamômetro na posição 3 (14).

Em relação aos questionários funcionais, o DASH é um questionário auto aplicado, desenvolvido para avaliar a incapacidade e os sintomas de uma única ou múltiplas desordens dos membros superiores. É constituído por 30 questões que buscam informações sobre o grau de dificuldade em realizar atividade de vida diária, sintomas de dor, fraqueza, rigidez e parestesia, tendo em consideração os prejuízos sociais e psicológicos do paciente. Cada item é pontuado de 1 a 5 e o escore total pode variar de 0 (sem disfunção) a 100 (disfunção grave) (15,16). Enquanto, o questionário PRWE avalia a dor e incapacidade funcional do punho. É composto por 15 perguntas, dos quais 5 itens são referentes a dor e 10 questões sobre a função, incluindo neste domínio 4 questões referentes a autocuidado, trabalho, trabalho doméstico e atividades de lazer. O escore final varia de 0 a 100, sendo quanto mais próximo de 0 maior a funcionalidade

do punho e, para pontuações próximas a 100 indica uma maior incapacidade de realizar atividades com o punho (17,18).

Para a realização do fortalecimento foram selecionados 4 jogos de videogame e os dinamômetros de preensão e pinça do *Kit E-link* da marca Biometrics®. O programa de fortalecimento escolhido foi uma adaptação do regime isotônico do protocolo de *Oxford* desenvolvidos por Zinovieff (19), sendo realizados 3 séries de 10 repetições com carga decrescente de 100%, 75% e 50% das dez repetições máximas (10RM). Em cada repetição foram mantidos 5 segundos de isometria ao final do movimento e 5 segundos de repouso entre cada repetição, totalizando 2 minutos de treinamento e 2 minutos de repouso entre as séries. A carga máxima foi avaliada semanalmente, previamente a cada sessão por meio do teste de 10RM.

O posicionamento do paciente durante os jogos foi o mesmo da avaliação das forças e os jogos selecionados para o fortalecimento no videogame foram: 1) *Monkeys* – para preensão grossa, 2) *Hit Walls* – para pinça polpa-polpa, 3) *Package Man* – para pinça polpa-lateral, 4) *Skateboard* – para pinça polpa-trípode. O objetivo do jogo *Monkey* é fazer com que o macaco suba na árvore e consiga pegar as bananas, e trazê-las para o cesto. No jogo *Hit Walls* o controle do movimento é definido pelo tempo que o paciente leva a bola de um lado ao outro das paredes. O *Package Man* tem como objetivo fazer com que os pacotes sejam levados de um lado para o outro pelo personagem. E o objetivo do jogo *Skateboard* é fazer com que skatista movimente para o topo da rampa em ambos os lados.

O fortalecimento teve início em abril/2016 e duração de 2 meses, sendo realizadas 2 sessões semanais, com duração de 40 minutos, totalizando 17 sessões. Para análise dos dados foram considerados os valores pré e pós fortalecimento para das forças de preensão, pinça polpa-polpa, polpa-lateral, polpa-trípode, os percentuais de acerto e valores das cargas dos jogos e os escores do PRWE e do DASH. O *follow up* foi realizado após 4 meses do final do fortalecimento.

RESULTADOS

Na fase 1 da reabilitação a amplitude de movimento inicial para o lado lesado foi de 40° de pronação e supinação para antebraço e 46° de flexão, 40° de extensão, 16° de desvio ulnar, 26° de desvio radial para punho. Após a intervenção fisioterapêutica as amplitudes de movimento foram de 78° de pronação, 66° de supinação para antebraço e 62° de flexão, 56° de extensão, 32° de desvio ulnar, 28° de desvio radial para punho.

Após as 8 sessões iniciais de fisioterapia o paciente relatou diminuição da dor avaliada pela EVA. No qual o escore inicial foi de 8 e o final de 2.

No fortalecimento (fase 2) verificamos um aumento das forças de preensão palmar e pinças em ambos os membros, lesado e não lesado, como demonstra a Tabela 2. No membro lesado, o ganho de força foi 4,5 vezes maior em relação a avaliação pré fortalecimento para preensão palmar. E para as pinças o ganho foi de 1,6 vezes para pinça polpa-polpa; 1,3 vezes para pinça polpa-lateral e 1,2 vezes para pinça polpa-trípode. O membro não lesado (que não recebeu treinamento) apresentou também um aumento da força de 1,2 vezes maior em relação a avaliação pré fortalecimento para preensão palmar; 1,4 vezes para pinça polpa-polpa; 1,1 vezes para pinça polpa-lateral e 1,2 para pinça polpa-trípode. No *follow up* do lado lesado podemos verificar que os valores das forças de preensão e da pinça polpa-trípode permaneceram muito próximos aos valores após treinamento e ocorreu diminuição da força polpa-polpa. Para o lado não lesado houve diminuição das forças de preensão, polpa-polpa e polpa-trípode. A força da pinça polpa-lateral aumentou tanto no lado lesado quanto no não lesado.

Tabela 1 - Forças de preensão e pinças pré e pós fortalecimento e *follow up*.

	Força Preensão (kgf)					
	Lado Não Lesado			Lado Lesado		
	Pré	Pós	<i>Follow up</i>	Pré	Pós	<i>Follow up</i>
FPP	27,2	34,0	30,3	5,7	25,5	25,1
PPP	5,1	7,4	5,3	3,9	6,2	4,4
PPL	5,4	5,9	7,3	3,6	4,8	6,1
PPT	5,5	6,6	6,1	4,6	5,4	5,2

FPP = força de preensão palmar; PPP = força pinça polpa-polpa; PPL = força pinça polpa-lateral; PPT = força pinça polpa-trípode; kgf = quilograma força.

Durante os jogos foram extraídos os valores da porcentagem de acertos para cada um dos jogos realizados. No jogo *Monkey*, a média de acertos na primeira série foi de 97,11%, na segunda série 99,11% e na terceira série 98,82% de acertos. No jogo *Hit Wall* a média de acertos na primeira série foi de 95,29%, na segunda série 97,76% e na última série 98,94% de acertos. Para o jogo *Package Man* os acertos para a primeira série foram de 88%, na segunda série 90,41% e na última série 94,05%. E por último, no jogo *Skateboard* os acertos foram de 90,94% na primeira série, 96,23% na segunda série e 98,35% na última série. Na Figura 2 estão apresentados os escores de todos os

jogos, em cada sessão para as três séries. Podemos observar que o jogo *Package Man* foi o que atingiu os menores escores, entretanto são escores acima de 80%.

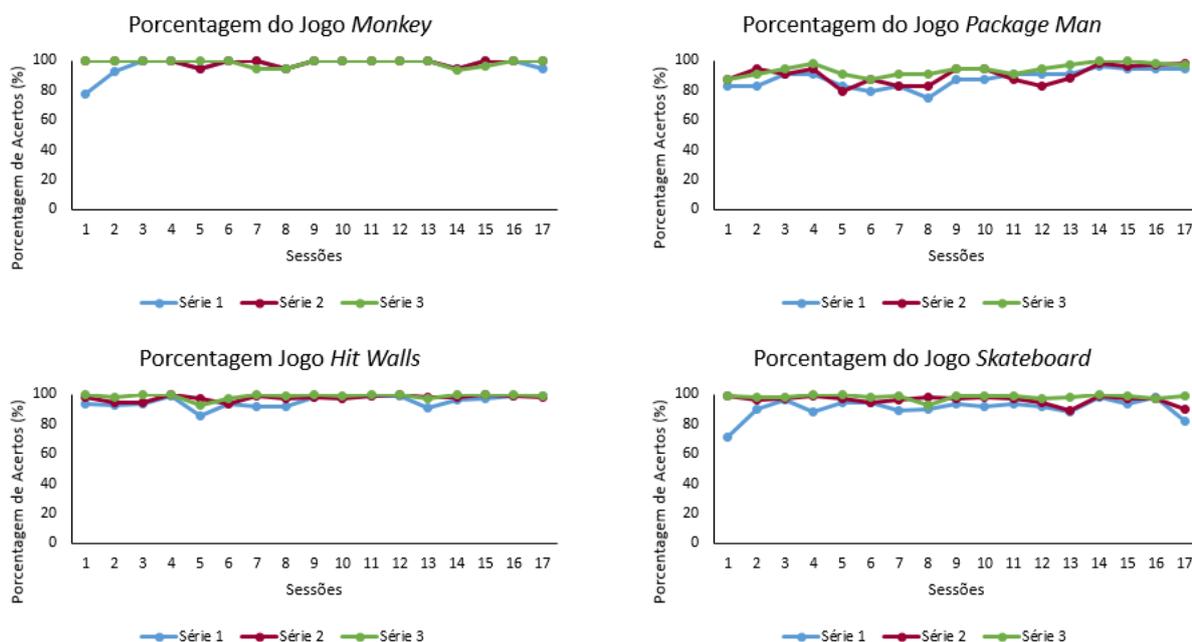


Figura 2 – Porcentagem de acertos dos jogos durante a primeira, segunda e terceira séries.

% = porcentagem.

Quanto à avaliação funcional o paciente apresentou uma redução dos escores de incapacidade funcional dos questionários DASH e PRWE após treinamento e também no *follow up* (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores das avaliações funcionais pré e pós fortalecimento e *follow up*.

	Pré	Pós	Follow Up
DASH	45%	6,6%	2,5%
PRWE	30%	8,5%	5,5%

DASH = *Disability of the Arm, Shoulder and Hand*; PRWE = *Patient Rated Wrist Evaluation*.

Em relação ao protocolo de treinamento proposto, a cada semana foi avaliada a carga máxima que o paciente era capaz de vencer, previamente a realização do treinamento, para a distribuição dos percentuais de cada série. Podemos observar que para a força de preensão o aumento da carga foi progressivo. Para as pinças, a carga foi mantida entre

5^a a 12^a semana para a polpa-lateral, da 5^a a 14^a para a polpa-trípode e da 5^a a 16^a para a pinça polpa-polpa (Figura 3).

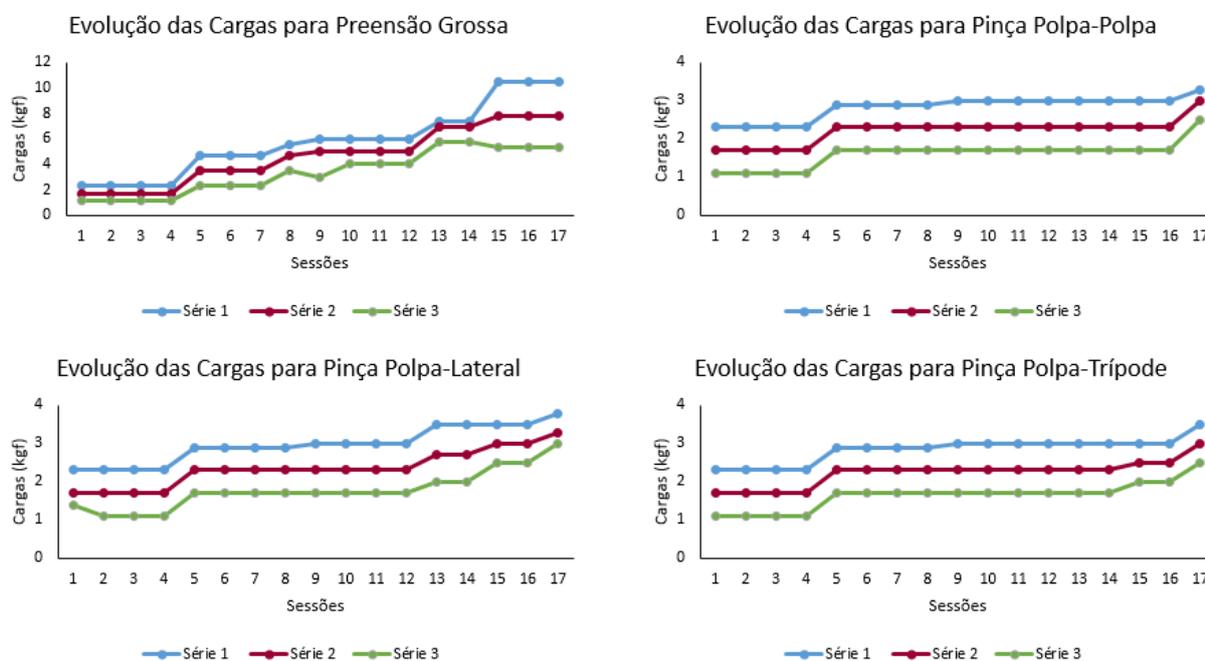


Figura 3 - Valores das cargas da 1^a a 17^a sessão, para preensão palmar, pinças polpa-polpa, polpa-lateral e polpa-trípode durante a primeira, segunda e terceira séries.

kgf = quilograma força.

DISCUSSÃO

O *kit* do videogame E-link utilizado neste estudo teve um efeito positivo para o fortalecimento dos músculos do punho e da mão para o paciente avaliado. Atualmente, a utilização de jogos tornou-se uma forma promissora para o estímulo, adesão e incentivo na realização de exercícios durante a reabilitação (20,21). O ambiente virtual permite a interação do paciente com o tratamento, criando sensações de uma realidade diferente da terapia convencional (11) e, impede que o paciente foque no incômodo e na dor, promovendo, assim, a percepção da melhora na função de seus membros (22). O videogame, além de ser um instrumento lúdico, fornece um *feedback* visual e proporciona diversos benefícios na recuperação da incapacidade física e/ou cognitiva (9).

Para esse estudo, a associação da terapia por meio dos jogos e a técnica do fortalecimento tiveram um efeito positivo no aumento das forças de preensão palmar e de pinças e diminuição da incapacidade funcional. Além disso, o emprego de novas

estratégias e combinações de terapia tiveram um papel importante na recuperação deste paciente e reinserção precoce nas atividades de trabalho e de vida diária.

Segundo Levanon (2013), o videogame E-Link é um recurso terapêutico composto por diversos jogos que atuam na melhora das funções de preensão e pinças, e também pode ser utilizado para o ganho de amplitude de movimento do ombro, cotovelo e punho. É uma ferramenta de fácil manuseio, sendo utilizada de forma complementar à fisioterapia (23).

Dentre outros fatores que podem ter influenciado no aumento da força de preensão e das pinças destaca-se a utilização da técnica de *Oxford*. Essa técnica tem demonstrado uma maior eficácia no fortalecimento dos músculos da mão por ter como princípio, a redução da resistência à medida que o músculo fadiga e por apresentar melhores resultados quando comparado ao protocolo *Delorme* (8).

Os resultados obtidos nesse estudo corroboraram com os resultados apresentados por Fernandes *et al.* (2003), demonstrando que o protocolo de fortalecimento com a técnica *Oxford* foi eficaz no aumento das forças de preensão e das pinças em mulheres saudáveis. Neste estudo os autores utilizaram exercitadores e compararam os protocolos de *Oxford* e *Delorme*.

Os valores da força de preensão palmar para o membro lesado podem ser estimados, baseando-se na regra dos 10% que, segundo Perteson *et al.* (1989), o membro não dominante tem uma tendência a apresentar de 5 a 10% a menos de força em relação ao lado dominante. Por meio desse cálculo, a força estimada do lado lesado previamente a fratura deveria ser de 25,8 kgf e com base nesses resultados, podemos afirmar que o paciente atingiu a força ideal para o membro lesado que foi de 25,5 kgf.

Em estudo realizado por Rostami *et al.* (2015), a utilização de ambientes virtuais tem demonstrado vários benefícios utilizando-se o videogame *E-link* na reabilitação do membro superior em pacientes com paralisia cerebral. Por meio da utilização de jogos foi possível comprovar a eficácia desse equipamento para o ganho da função da mão, que incluem aumento velocidade, força, amplitude de movimento e acurácia exigida nos jogos (25).

De acordo com Moritani (1993), Carroll *et al.* (2002), Maior e Alves (2003), o aumento da força do membro lesado ocorreu pois, nas fases iniciais do treinamento o aumento de força se dá quase que exclusivamente em resposta às adaptações neurais ao treinamento resistido (26–28).

Nessa fase, os ganhos da força podem ser conseguidos pelo aumento do recrutamento de unidades motoras do músculo envolvido no movimento, devido ao aprimoramento da ativação neural. Porém em relação a morfologia existe pouca influência da hipertrofia muscular no ganho de força, e não são observadas mudanças estruturais do tamanho dos músculos (28,29).

Também foi observado um aumento da força de preensão e das pinças no membro que não realizou o fortalecimento (não lesado). Embora seja claro que existe um aumento da força do lado contralateral ao lado treinado, ainda não existe na literatura um consenso sobre os mecanismos envolvidos por trás desse efeito (30). Conceitualmente foram desenvolvidas duas classes diferentes de mecanismos que tentam explicar o aumento da força no lado não treinado. O primeiro teoriza que o treinamento de força unilateral poderia causar um “*spillover*” na condução neural para o lado não treinado, induzindo adaptações no sistema de controle. E o segundo mecanismo estaria relacionado as adaptações neuromusculares provocadas no sistema de controle do membro treinado que poderiam ser acessados pelo lado não treinado. Foi estabelecido que o ganho de força contralateral não resulta em alterações na morfologia muscular (28). Entretanto acreditamos que no caso de trauma no membro superior, o paciente passa a utilizar apenas o membro não lesado para realizar todas as atividades durante o período de recuperação da mão lesada e essa atividade uni manual possa ter esse efeito no ganho da força.

Na avaliação funcional do paciente deste estudo, foram encontrados uma redução dos escores de incapacidade funcional nos questionários DASH e PRWE tanto no pós treinamento, quanto no *follow up*. Em estudo realizado por Rozenntal e Blazar (2006) com 41 pacientes submetidos à osteossíntese de fratura de rádio distal com placa volar, num período de *follow up* mínimo de 12 meses foram encontrados escores médios de 14 pontos no questionário DASH (31). Um valor semelhante no escore do DASH (13 pontos) foi encontrado por Arora *et al.* (2007), que avaliaram uma população de 141 pacientes com fratura do rádio distal submetidos à osteossíntese com placa volar LCP 2,4 mm após um período de 12 meses. Outro estudo mostrou um escore mais alto (25 pontos) no questionário DASH para uma população de 80 pacientes com o mesmo tipo de fratura submetido à osteossíntese com placa volar (32).

Outros estudos com o questionário PRWE tem sido utilizados para comparar resultados de diferentes modalidades de intervenção fisioterapêutica e seus dados correlacionados com força de preensão, mobilidade de flexão e extensão do punho

e intensidade da dor (33). Karnezis e Fragkiadakis avaliaram a associação entre variáveis objetivas e o nível de lesão pós-traumática, usando a escala de avaliação do punho (PRWE). Neste estudo, a força de preensão palmar mostrou-se um importante preditor do escore do PRWE (34).

Nesse contexto, a realização dos questionários tem um papel importante para o terapeuta, pois fornecem informações sobre o nível de função dos pacientes, bem como contribuem com parâmetros para a tomada de decisões no processo de reabilitação.

CONCLUSÃO

Podemos concluir que houve aumento das forças de preensão e de pinças e redução dos escores de incapacidade funcional, após 17 sessões de um programa de fortalecimento para os músculos da preensão e das pinças. E foi verificado a manutenção das forças de preensão, pinça polpa-trípode e aumento da força de pinça polpa lateral após *follow up* de 4 meses, evidenciando o efeito positivo da utilização do videogame como proposta terapêutica para recuperação completa deste paciente após tratamento cirúrgico para fratura complexa do punho.

REFERÊNCIAS

1. SOUZA MAP, DE ASSIS CABRAL LH, SAMPAIO RF, MANCINI MC. Acidentes de trabalho envolvendo mãos: casos atendidos em um serviço de reabilitação. *Fisioter e Pesqui*. 2008;15(1):64–71.
2. BRASIL. Ministério da Previdência e Assistência Social. Anuário estatístico da Previdência Social, 2010.
3. LASETER GF, CARTER PR. Management of distal radius fractures. *J Hand Ther*. 1996;9(2):114–28.
4. MULFORD JS, AXELROD TS. Traumatic Injuries of the Distal Radioulnar Joint. *Hand clinics*. 2010;26(1):155-163.
5. KISNER C, COLBY LA. Exercícios terapêuticos: fundamentos e técnicas. 4 ed. Barueri (SP): Manole; 2015.
6. MACDERMID JC, RICHARDS RS, ROTH JH. Distal radius fracture: a prospective outcome study of 275 patients. *J Hand Ther*. 2001;14(2):154–169.
7. MACDERMID JC, ROTH JH, RICHARDS RS. Pain and disability reported in the year following a distal radius fracture: a cohort study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2003;4(1):24.
8. FERNANDES L, ARAÚJO MS, MATHEUS JPC, MEDALHA CC, SHIMANO AC, PEREIRA GA. Comparação de dois protocolos de fortalecimento para preensão palmar. *Rev Bras Fisioter*. 2003;7(1):17–23.

9. BATISTA J, WIBELINGER L, MARCHI A, SCHNEIDER R, PASQUALOTTI A. Reabilitação de idosos com alterações cognitivas através do videogame Nintendo Wii. *Rev Bras Ciênc Env Hum*. 2012;9(2):292–9.
10. BÔAS A, FERNANDES W, SILVA A, SILVA A. Efeito da Terapia Virtual na Reabilitação Motora do Membro Superior de Crianças Hemiparéticas. *Rev Neurociências*. 2014 5;21(4):556–62.
11. ALBUQUERQUE EC, SCALABRIN EE. The Use of the Computer in Neuropsychological Rehabilitation Programs. *Psicol Argum*. 2007;25(50):269–275.
12. ALLEN D, BARNETT F. Reliability and validity of an electronic dynamometer for measuring grip strength. *Int J Ther Rehabil*. 2011;18(5):258–64.
13. FESS EE. *Grip Strength*. 2ed. Chicago: American Society of Hand Therapists; 1992.
14. FERNANDES LFRM, BERTONCELLO D, PINHEIRO NM, DRUMOND LC. Correlações entre força de preensão manual e variáveis antropométricas da mão de jovens adultos. *Fisioter e Pesqui*. 2011;18(2):151–156.
15. HUDAK PL, AMADIO PC, BOMBARDIER C, BEATON D, COLE D, DAVIS A, et al. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand). *Am J Ind Med*. 1996;29(6):602–608.
16. ORFALE AG, ARAÚJO PMP, FERRAZ MB, NATOUR J. Translation into Brazilian Portuguese, cultural adaptation and evaluation of the reliability of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire. *Braz J Med Biol Res*. 2005;38(2):293–302.
17. MACDERMID JC. Development of a scale for patient rating of wrist pain and disability. *J Hand Ther*. 1996;9(2):178–183.
18. GOLDHAHN J, SHISHA T, MACDERMID JC, GOLDHAHN S. Multilingual cross-cultural adaptation of the patient-rated wrist evaluation (PRWE) into Czech, French, Hungarian, Italian, Portuguese (Brazil), Russian and Ukrainian. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013 May;133(5):589–93.
19. ZINOVIEFF A. Heavy-resistance exercises the “Oxford technique”. *The British journal of physical medicine: including its application to industry*. 1951;14(6):129–32.
20. CAMEIRÃO M, BADIA S, VERSCHURE P. Virtual reality based upper extremity rehabilitation following stroke: A review. *J Cyber Ther Rehabil*. 2008;1(1):63–74.
21. CHANG Y-J, CHEN S-F, HUANG J-D. A Kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities. *Res Dev Disabil*. 2011;32(6):2566–70.
22. DE GRANDE AAB, GALVÃO FR DE O, GONDIM CA. Reabilitação virtual através do videogame: relato de caso no tratamento de um paciente com lesão alta dos nervos mediano e ulnar. *Acta Fisiatr*. 2011;18(3):157–62.
23. LEVANON Y. The advantages and disadvantages of using high technology in hand rehabilitation. *J Hand Ther*. 2013;26(2):179–83.
24. PETERSEN P, PETRICK M, CONNOR H, CONKLIN D. Grip strength and hand dominance: challenging the 10% rule. *Am J Occup Ther*. 1989;43(7):444–447.

25. ROSTAMI H, NEJAD S, ARASTOO A. Effects of Practice in Virtual Environment on Upper Limb Function of Children with Spastic Hemiparetic Cerebral Palsy. 2015.
26. MORITANI T. Neuromuscular adaptations during the acquisition of muscle strength, power and motor tasks. *Journal of Biomechanics*. 1993;26:95–107.
27. CARROLL TJ, HERBERT RD, MUNN J, LEE M, GANDEVIA SC. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *J Appl Physiol*. 2006;101(5):1514–22.
28. MAIOR A, ALVES A. A contribuição dos fatores neurais em fases iniciais do treinamento de força muscular: uma revisão bibliográfica. *Motriz*. 2003;9(3):161–8.
29. HICKSON R, HIDAKA K, FOSTER C. Skeletal muscle fiber type, resistance training, and strength-related performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 1994;26(5):593–8.
30. MUNN J. Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *J Appl Physiol*. 2004;96(5):1861–6.
31. ROZENTAL TD, BLAZAR PE. Functional outcome and complications after volar plating for dorsally displaced, unstable fractures of the distal radius. *J Hand Surg*. 2006;31(3):359–365.
32. ARORA R, LUTZ M, HENNERBICHLER A, KRAPPINGER D, ESPEN D, GABL M. Complications following internal fixation of unstable distal radius fracture with a palmar locking-plate. *J Orthop Trauma*. 2007;21(5):316–322.
33. MACIEL JS, TAYLOR NF, MCILVEEN C. A randomised clinical trial of activity-focussed physiotherapy on patients with distal radius fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2005;125(8):515–20.
34. KARNEZIS IA, FRAGKIADAKIS EG. Association between objective clinical variables and patient-rated disability of the wrist. *Bone Jt J*. 2002;84(7):967–970.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No artigo 1 concluímos que após a realização do programa de treinamento com rampa, realizado com biofeedback, os voluntários apresentaram um maior controle da força dos músculos extensores do punho, avaliado pela tarefa proposta. No artigo 2, as voluntárias avaliadas apresentaram um menor controle da força na tarefa com maior percentual de carga (tarefa 80%) em relação a contração isométrica voluntária máxima, para ambos os membros. Nas etapas de contrações isométricas o controle da força foi menor e não houve diferença entre os membros tanto na análise das etapas, quanto na análise das tarefas.

Por último, no artigo 3 verificamos que houve aumento das forças de preensão e de pinças e redução dos escores de incapacidade funcional, após 17 sessões de um programa de fortalecimento para os músculos da preensão e das pinças. E foi verificado a manutenção das forças de preensão, pinça polpa-trípode e aumento da força de pinça polpa lateral após *follow up* de 4 meses, evidenciando o efeito positivo da utilização do videogame como proposta terapêutica para recuperação completa deste paciente após tratamento cirúrgico para fratura complexa do punho.

REFERÊNCIAS

DE OLIVEIRA, Márcio Alves; LOSS, Jefferson Fagundes; DE SOUZA PETERSEN, Ricardo Demétrio. Controle de força e torque isométrico em crianças com DCD. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 19, n. 2, p. 89–103, 2005.

FERNANDES, Luciane Fernandes Rodrigues Martins *et al.* Comparação de dois protocolos de fortalecimento para preensão palmar. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 7, n. 1, p. 17–23, 2003.

FLECK, Steven J; KRAEMER, William J. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**. Artmed Editora, 4 ed., 2017.

HATHER, B. M. *et al.* Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. **Acta Physiologica**, v. 143, n. 2, p. 177–185, 1991.

HORTOBAGYI, Tibor; KATCH, Frank I. Role of concentric force in limiting improvement in muscular strength. **Journal of Applied Physiology**, v. 68, n. 2, p. 650–658, 1990.

KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. Manole, 6 ed., 2015.

KOMI, Paavo V. **Força e Potência no Esporte**. Artmed Editora, 2 ed., 2009.

LEVANGIE, Pamela K.; NORKIN, Cynthia C. **Joint structure and function: a comprehensive analysis**. FA Davis, 5 ed., 2011.

LI, Zong-Ming. The influence of wrist position on individual finger forces during forceful grip. **The Journal of Hand Surgery**, v. 27, n. 5, p. 886–896, 2002.

MACDERMID, Joy C; RICHARDS, Robert S; ROTH, James H. Distal radius fracture: a prospective outcome study of 275 patients. **Journal of Hand Therapy**, v. 14, n. 2, p. 154–169, 2001.

MACDERMID, Joy C; ROTH, James H; RICHARDS, Robert S. Pain and disability reported in the year following a distal radius fracture: a cohort study. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 4, n. 1, p. 24, 2003.

MADELEINE, Pascal *et al.* Mechanomyography and electromyography force relationships during concentric, isometric and eccentric contractions. **Journal of electromyography and kinesiology** v. 11, n. 2, p. 113–121, 2001.

SCHWARTZ, Mark S; ANDRASIK, Frank. **Biofeedback: A Practitioner's Guide**. Guilford Publication, 3 ed., 2015.

NAPIER, John R. The prehensile movements of the human hand. **Bone & Joint Journal**, v. 38, n. 4, p. 902–913, 1956.

PARK, Jaebum; HAN, Dong-Wook; SHIM, Jae Kun. Effect of Resistance Training of the Wrist Joint Muscles on Multi-Digit Coordination. **Perceptual and Motor Skills**, v. 120, n. 3, p. 816–840, 2015.

ROIG, Marc *et al.* The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine** v. 43, n. 8, p. 556–568, 2008.

SHERMAN, Richard. The future of biofeedback instrumentation: Applied Psychophysiology and Biofeedback. **Biofeedback**, v.30, n. 1, 2002.

SHIMOSE, Ryota; MATSUNAGA, Atsuhiko; MURO, Masuo. Effect of submaximal isometric wrist extension training on grip strength. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 3, p. 557–565, 2011.

SMITH, Laura K; WEISS, Elizabeth L; LEHMKUHL, L Don. **Cinesiologia Clínica de Brunnstrom**. 5 ed., 1997.

UMPHRED, Darcy A. **Reabilitação Neurológica**. Elsevier Health Sciences, 5 ed., 2011.

VOLZ, Robert G.; LIEB, Marc; BENJAMIN, James. Biomechanics of the Wrist. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 149, p. 112–117, 1980.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - ARTIGO 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPANTES MAIORES DE IDADE

Título do Projeto: Avaliação do Padrão de Recrutamento e Controle de Força dos Músculos do Punho Após Treinamento com *Biofeedback* Eletromiográfico

TERMO DE ESCLARECIMENTO

Você está sendo convidado (a) a participar do estudo “Avaliação do Padrão de Recrutamento e Controle de Força dos Músculos do Punho Após Treinamento com *Biofeedback* Eletromiográfico”, por não apresentar doenças ou traumas anteriores associados aos membros superiores. Os avanços na área da saúde ocorrem através de estudos como este, por isso a sua participação é importante. O objetivo deste estudo é avaliar o padrão de recrutamento e o controle da força dos músculos flexores e extensores do punho após a realização de treinamento com *biofeedback* eletromiográfico e analisar o efeito do programa de fortalecimento no controle motor do movimento de extensão do punho e da força muscular da mão e caso você participe, será necessário realizar um protocolo de fortalecimento por 12 semanas utilizando o *biofeedback* eletromiográfico. Não será feito nenhum procedimento que lhe traga qualquer desconforto ou risco à sua vida, no entanto se ocorrer qualquer desconforto ou dor relatada, o pesquisador responsável e a equipe de trabalho detêm habilidades e competências para remanejar as cargas do fortalecimento, e utilizar medidas antiálgicas para alívio da dor. Espera-se que o (s) benefício (s) decorrente (s) da participação nesta pesquisa seja (m) um aumento das forças de preensão palmar e dos músculos flexores e extensores do punho, um aumento do controle da força, uma variação de erros menor durante o processo de aprendizado do movimento e um padrão de recrutamento muscular mais coordenado. Espera-se também que este estudo possa contribuir futuramente para inserção de novos protocolos de fortalecimento para pacientes com fraturas do punho e da mão. Caso tenha interesse, você poderá continuar o treinamento após o término das 12 semanas.

Você poderá obter todas as informações que quiser e poderá não participar da pesquisa ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem prejuízo no seu atendimento. Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro, mas terá a garantia de que todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não serão de sua responsabilidade. Seu nome não aparecerá em qualquer momento do estudo pois você será identificado com um número.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO

Título do Projeto: Avaliação do Padrão de Recrutamento e Controle de Força dos Músculos do Punho Após Treinamento com *Biofeedback* Eletromiográfico

Eu, _____, li e/ou ouvi o esclarecimento acima e compreendi para que serve o estudo e qual procedimento a que serei submetido. A explicação que recebi esclarece os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não afetará meu tratamento.

Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro por participar do estudo. Eu concordo em participar do estudo. Receberei uma via deste Termo.

Uberaba, ____/____/____

Assinatura do voluntário ou seu responsável legal

Documento de Identidade

Assinatura do pesquisador responsável

Assinatura do pesquisador orientador

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - ARTIGO 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPANTES MAIORES DE IDADE

Título do Projeto: Avaliação do Padrão de Recrutamento e Controle de Força dos Músculos do Punho Após Treinamento com *Biofeedback* Eletromiográfico

TERMO DE ESCLARECIMENTO

Você está sendo convidado (a) a participar do estudo “Avaliação do Padrão de Recrutamento e Controle de Força dos Músculos do Punho Após Treinamento com *Biofeedback* Eletromiográfico”, por não apresentar doenças ou traumas anteriores associados aos membros superiores. Os avanços na área da saúde ocorrem através de estudos como este, por isso a sua participação é importante. O objetivo deste estudo é avaliar o padrão de recrutamento e o controle da força dos músculos flexores e extensores do punho após a realização de treinamento com *biofeedback* eletromiográfico (resposta a avaliação do movimento e força dos músculos do punho e mão por meio de recurso visual e auditivo) e analisar o efeito do programa de fortalecimento no controle motor do movimento de extensão do punho e da força muscular da mão, e caso você participe, será necessário realizar uma avaliação sobre o força e muscular e controle do movimento do punho e mão

A avaliação ocorrerá com assessoramento de profissional capacitado, que orientará todos os procedimentos a serem realizados, os procedimentos são constituídos de coleta de dados pessoais, e avaliação da força e movimento do punho e da mão por meio de um equipamento não invasivo. A avaliação ocorrerá no Laboratório de Biomecânica e Controle Motor da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, na avenida Guilherme Ferreira, 1940, Uberaba-MG. O procedimento será realizado duas vezes, em data e horário pré-agendado, conforme sua disponibilidade, estimado em 50 minutos de duração.

Não será feito nenhum procedimento que lhe traga qualquer desconforto ou risco à sua vida, no entanto se ocorrer qualquer desconforto ou dor relatada, o pesquisador responsável e a equipe de trabalho detêm habilidades e competências para remanejar as cargas do fortalecimento, e utilizar medidas para alívio da dor. Espera-se que o (s) benefício (s) decorrente (s) da participação nesta pesquisa seja entender a relação da força na execução dos movimentos do punho e mão. Espera-se também que este estudo possa contribuir futuramente para inserção de novos protocolos de fortalecimento para indivíduos sem lesão e para pacientes com fraturas do punho e da mão. Caso tenha interesse, você poderá participar do programa de fortalecimento no controle motor do movimento de extensão do punho e da força muscular da mão, a ser ofertado pelos pesquisadores.

Você poderá obter todas as informações que quiser e poderá não participar da pesquisa ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem prejuízo no seu atendimento. Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro, mas terá a garantia de que todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não serão de sua responsabilidade. Os pesquisadores do estudo garantem acompanhamento integral e gratuito pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes direta ou indiretamente da participação no estudo. Seu nome não aparecerá em qualquer momento do estudo pois você será identificado com um número.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO

Título do Projeto: Avaliação do Padrão de Recrutamento e Controle de Força dos Músculos do Punho Após Treinamento com *Biofeedback* Eletromiográfico

Eu, _____, li e/ou ouvi o esclarecimento acima e compreendi para que serve o estudo e qual procedimento a que serei submetido. A explicação que recebi esclarece os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não afetará meu tratamento.

Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro por participar do estudo. Eu concordo em participar do estudo. Receberei uma via deste Termo.

Uberaba, ____/____/_____

Assinatura do voluntário ou seu responsável legal

Documento de Identidade

Assinatura do pesquisador responsável

Assinatura do pesquisador orientador

APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - ARTIGO 3

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPANTE MAIORES DE IDADE

Título do Projeto: “Comparação de dois protocolos de treinamento com carga progressiva para a preensão da mão e análise eletromiográfica dos músculos extensores do punho em pacientes com fratura distal de rádio”

TERMO DE ESCLARECIMENTO

Você está sendo convidada a participar do estudo “Comparação de dois protocolos de treinamento com carga progressiva para a preensão da mão e análise eletromiográfica dos músculos extensores do punho em pacientes com fratura distal de rádio”. Os avanços na área da saúde ocorrem através de estudos como este, por isso a sua participação é importante. O objetivo deste estudo é comparar dois protocolos de fortalecimento da preensão palmar e pinça, isto é, indivíduos que apresentam diminuição da força de preensão palma e pinça decorrente de fratura distal de rádio.

Caso você tenha interesse em participar, será submetida a um tratamento fisioterapêutico para o ganho de força dos músculos da mão que contribuem para os movimentos de preensão e pinça. Se você não tiver interesse em participar receberá o tratamento fisioterapêutico da mesma forma, porém as informações do fortalecimento não serão utilizadas na pesquisa. Não será realizado nenhum procedimento que lhe traga qualquer desconforto ou risco à sua vida, caso ocorra algum desconforto poderá interromper o tratamento a qualquer momento.

Você poderá obter todas as informações que quiser e poderá não participar da pesquisa ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem prejuízo. Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro, mas terá a garantia de que seu nome não aparecerá em qualquer momento do estudo, pois você será identificada com um número.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO

Título do Projeto: “Comparação de dois protocolos de treinamento com carga progressiva para a preensão da mão e análise eletromiográfica dos músculos extensores do punho em pacientes com fratura distal de rádio”.

Eu,

_____, li e/ou ouvi o esclarecimento acima e compreendi para que serve o estudo e qual procedimento a que serei submetida. A explicação que recebi esclarece os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não afetará meu tratamento. Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro por participar do estudo. Eu concordo em participar do estudo.

Uberaba, ____/____/_____

Assinatura do voluntário ou seu responsável legal

Documento de Identidade

Assinatura do pesquisador responsável

Assinatura do pesquisador orientador

ANEXOS**ANEXO A – TABELA COM OS VALORES DOS DADOS ANALISADOS – ARTIGO 1**

Tabela 1 - Erro absoluto médio durante a realização da tarefa com cargas de 20%, 60%, 40%, 60%, 20% e 60% das avaliações inicial e final, para os voluntários 1, 2 e 3 – do membro superior treinado.

	20% CIVM		60% CIVM		40% CIVM		60% CIVM		20% CIVM		60% CIVM	
	AV1	AV2										
V1	0,63	0,67	1,34	1,22	1,66	1,51	3,32	2,66	0,81	1,20	2,40	0,96
V2	0,83	0,40	1,89	1,72	0,70	0,66	0,27	1,74	0,74	0,72	0,74	2,28
V3	0,45	0,36	2,10	1,00	0,89	0,92	2,43	1,47	2,11	0,63	2,11	0,69
Media	0,64	0,47	1,78	1,32	1,09	1,03	2,01	1,96	1,22	0,85	1,22	1,31
SD	0,19	0,17	0,39	0,37	0,50	0,44	0,50	0,63	0,77	0,31	0,77	0,85
V1	0,97	0,71	1,90	0,57	1,69	1,42	1,24	1,90	0,87	1,25	3,09	0,48
V2	0,23	0,57	0,60	0,55	1,14	0,87	2,71	2,03	0,77	3,03	0,87	2,24
V3	0,47	0,49	2,16	0,59	1,26	0,61	2,29	0,34	0,94	0,69	4,34	0,79
Media	0,56	0,59	1,55	0,57	1,36	0,97	2,08	1,42	0,86	1,65	2,77	1,17
SD	0,38	0,11	0,84	0,02	0,29	0,41	0,75	0,94	0,09	1,22	1,76	0,94
V1	0,90	0,46	0,98	1,60	1,25	1,05	0,89	1,42	1,58	0,77	2,59	2,10
V2	0,24	0,63	0,35	0,97	1,14	0,89	2,19	1,22	0,79	0,40	2,10	3,77
V3	0,56	0,48	1,27	1,12	1,14	0,89	1,94	0,85	0,84	1,05	2,44	1,19
Media	0,57	0,52	0,87	1,23	1,17	0,95	1,67	1,16	1,07	0,74	2,38	2,36
SD	0,33	0,09	0,47	0,33	0,07	0,09	0,69	0,29	0,44	0,33	0,25	1,31

mV = milivolts; AV1 = avaliação inicial; AV2 = avaliação final; S1 = série 1; S2 = série 2; S3 = série 3; V1 = voluntário 1; V2 = voluntário 2; V3= voluntário 3; 20% CIVM = isometria com carga a 20% da contração isométrica voluntária máxima; 60% CIVM = isometria com carga a 60% da contração isométrica voluntária máxima; 40% CIVM = isometria com carga a 40% da contração isométrica voluntária máxima.

Tabela 2 - Erro absoluto médio durante a realização da tarefa com cargas de 20%, 60%, 40%, 60%, 20% e 60% das avaliações inicial e final, para os voluntários 1, 2 e 3 – do membro superior treinado.

		20% CIVM		60% CIVM		40% CIVM		60% CIVM		20% CIVM		60% CIVM	
		AV1	AV2										
V1	S1	0,63	0,67	1,34	1,22	1,66	1,51	3,32	2,66	0,81	1,20	2,40	0,96
	S2	0,97	0,71	1,90	0,57	1,69	1,42	1,24	1,90	0,87	1,25	3,09	0,48
	S3	0,90	0,46	0,98	1,60	1,25	1,05	0,89	1,42	1,58	0,77	2,59	2,10
	Média	0,83	0,61	1,41	1,13	1,53	1,33	1,82	1,99	1,09	1,07	2,69	1,18
	SD	0,18	0,13	0,46	0,52	0,25	0,24	1,31	0,63	0,43	0,26	0,36	0,83
V2	S1	0,83	0,40	1,89	1,72	0,70	0,66	0,27	1,74	0,74	0,72	0,76	2,28
	S2	0,23	0,57	0,60	0,55	1,14	0,87	2,71	2,03	0,77	3,03	0,87	2,24
	S3	0,24	0,63	0,35	0,97	1,14	0,89	2,19	1,22	0,79	0,40	2,10	3,77
	Media	0,43	0,53	0,95	1,08	0,99	0,81	1,72	1,66	0,77	1,38	1,24	2,76
	SD	0,34	0,12	0,83	0,59	0,25	0,13	1,29	0,41	0,03	1,44	0,74	0,87
V3	S1	0,45	0,36	2,10	1,00	0,89	0,92	2,43	1,47	2,11	0,63	3,51	0,69
	S2	0,47	0,49	2,16	0,59	1,26	0,61	2,29	0,34	0,94	0,69	4,34	0,79
	S3	0,56	0,48	1,27	1,12	1,14	0,89	1,94	0,85	0,84	1,05	2,44	1,19
	Media	0,49	0,44	1,84	0,90	1,10	0,81	2,22	0,89	1,30	0,79	3,43	0,89
	SD	0,06	0,07	0,50	0,28	0,19	0,17	0,25	0,57	0,71	0,23	0,95	0,26

mV = milivolts; AV1 = avaliação inicial; AV2 = avaliação final; S1 = série 1; S2 = série 2; S3 = série 3; V1 = voluntário 1; V2 = voluntário 2; V3 = voluntário 3; 20% CIVM = isometria com carga a 20% da contração isométrica voluntária máxima; 60% CIVM = isometria com carga a 60% da contração isométrica voluntária máxima; 40% CIVM = isometria com carga a 40% da contração isométrica voluntária máxima.

Tabela 3 - Erro absoluto médio das etapas 1,3,5,7,9,11 e 13 das avaliações inicial e final, para os voluntários 1, 2 e 3 para o membro superior treinado.

		0_20% CIVM		20_60% CIVM		60_40% CIVM		40_60% CIVM		60_20% CIVM		20_60% CIVM		60_0% CIVM	
		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M;
		AV1	AV2	AV1	AV2	AV1	AV2	AV1	AV2	AV1	AV2	AV1	AV2	AV1	AV2
V1	S1	1,10	0,54	3,05	2,15	0,79	0,54	2,04	1,40	1,47	1,62	2,94	1,50	2,94	2,01
	S2	0,99	1,14	3,39	0,95	1,88	1,80	1,31	0,93	1,81	1,31	2,52	1,83	2,25	1,19
	S3	0,55	1,34	1,88	3,21	2,32	1,16	0,72	1,87	3,53	1,72	1,75	1,26	1,74	1,28
	Média	0,88	1,01	2,77	2,10	1,66	1,17	1,36	1,40	2,27	1,55	2,40	1,53	2,31	1,49
	SD	0,29	0,42	0,79	1,13	0,79	0,63	0,66	0,47	1,10	0,21	0,60	0,29	0,60	0,45

V2	S1	0,96	0,85	2,10	1,86	2,25	2,04	1,60	0,69	1,55	1,10	2,25	1,21	2,25	1,79
	S2	0,82	0,44	2,21	1,69	0,96	1,33	1,49	1,34	1,87	2,00	1,90	1,49	2,65	1,45
	S3	0,68	0,76	1,83	1,30	0,98	1,67	2,49	1,45	1,42	1,18	2,26	2,07	1,68	1,44
	Media	0,82	0,68	2,05	1,62	1,40	1,68	1,86	1,16	1,61	1,43	2,14	1,59	2,19	1,56
	SD	0,14	0,22	0,20	0,29	0,74	0,36	0,55	0,41	0,23	0,50	0,21	0,44	0,49	0,20
V3	S1	0,76	1,43	1,59	1,15	1,60	1,24	1,11	1,80	1,80	1,21	1,72	1,19	1,72	1,77
	S2	0,88	0,44	1,76	1,20	3,49	1,25	1,72	2,28	2,01	1,22	2,62	1,92	2,45	1,78
	S3	1,04	0,86	1,89	1,03	2,44	0,87	2,00	1,10	1,77	1,84	2,95	1,66	2,63	1,16
	Media	0,89	0,91	1,75	1,13	2,51	1,12	1,61	1,73	1,86	1,42	2,43	1,59	2,27	1,57
	SD	0,14	0,50	0,15	0,09	0,95	0,22	0,46	0,59	0,13	0,36	0,64	0,37	0,48	0,36

mV = milivolts; AV1 = avaliação inicial; AV2 = avaliação final; S1 = série 1; S2 = série 2; S3 = série 3; V1 = voluntário 1; V2 = voluntário 2; V3= voluntário 3; 0-20% CIVM = isotonia concêntrica com carga de 0 a 20% da contração isométrica voluntária máxima; 20-60% CIVM = isotonia concêntrica com carga de 20 a 60% da contração isométrica voluntária máxima; 60-40% CIVM = isotonia excêntrica com carga de 60 a 40% da contração

ANEXO B – TABELA COM OS VALORES DOS DADOS ANALISADOS – ARTIGO 2

Tabela 1 - Média das 3 séries do erro absoluto médio das etapas de isotonia das (A) tarefa 60% e (B) tarefa 80%, dos membros direito e esquerdo das voluntárias.

		Erro Absoluto Médio (mV) – Etapas Isotonias						
		0-20%	20-60%	60-40%	40-60%	60-20%	20-60%	60-0%
T 60 %	LD	1,72(±0,67)	3,01(±0,96)	3,26(±1,54)	2,89(±0,95)	2,89(±1,01)	2,92(±0,76)	3,49(±0,53)
	LE	2,06(±0,86)	3,64(±1,52)	3,73(±1,45)	3,03(±1,12)	3,12(±1,17)	3,21(±0,91)	3,87(±1,30)
		0-40%	40-80%	80-60%	60-80%	80-20%	20-80%	80-0%
T 80 %	LD	2,81(±0,92)	3,73(±1,07)	5,86(±3,26)	5,62(±4,92)	5,18(±2,20)	5,10(±2,16)	4,82(±1,72)
	LE	3,31(±0,88)	3,57(±0,97)	6,35(±3,17)	5,44(±3,88)	5,31(±2,40)	5,60(±2,22)	5,72(±1,32)

mV = milivolts; LD = lado direito; LE = lado esquerdo; T60% = tarefa 60%; T80% = tarefa 80%; CIVM = contração isométrica voluntária máxima; % porcentagem.

Tabela 2 - Erro absoluto médio das etapas de isometria das (A) tarefa 60% e (B) tarefa 80%, dos membros direito e esquerdo das voluntárias.

Erro Absoluto Médio (mV) – Etapas Isometria					
T60%			T80%		
Carga	Membro Direito	Membro Esquerdo	Carga	Membro Direito	Membro Esquerdo
20% CIVM	1,08(±0,45)	1,48(±0,94)	40% CIVM	1,89(±0,92)	2,30(±0,79)
60% CIVM	5(±2,87)	5,56(±3,78)	80% CIVM	8,18(±3,99)	6,76(±1,63)
40% CIVM	1,72(±0,87)	1,47(±0,86)	60% CIVM	3,29(±2,07)	3,09(±1,63)
60% CIVM	4,60(±2,27)	4,92(±2,75)	80% CIVM	11,18(±10,03)	9,59(±6,96)
20% CIVM	1,32(±0,56)	1,92(±1,13)	20% CIVM	2,63(±1,62)	2,82(±0,99)

60% CIVM 5,98(±3,30) 6,62(±2,76) **80% CIVM** 11,83(±8,58) 11,62(±5,91)
 mV = milivolts; T60% = tarefa 60%; T80% = tarefa 80%; CIVM = contração isométrica voluntária máxima; % = porcentagem.

Tabela 3 - Média e desvio padrão do erro absoluto médio total das tarefas 60% e 80%, dos membros direito e esquerdo.

	Erro Absoluto Médio Total (mV)	
	T60%	T80%
Membro Direito	2,04(±0,62)	2,81(±1,63)
Membro Esquerdo	2,36(±0,98)	3,70(±1,26)

mV = milivolts; T60% = tarefa 60%; T80% = tarefa 80% .

Tabela 4 - Média e desvio padrão da força relativa das tarefas 60% e 80%, dos membros direito e esquerdo.

	Força Relativa (%)	
	T60%	T80%
Membro Direito	27,75(±0,74)	37,73(±1,52)
Membro Esquerdo	27,85(±0,43)	38,13(±1,72)

T60% = tarefa 60%; T80% = tarefa 80%; % = porcentagem.

ANEXO C – INVENTÁRIO DE DOMINÂNCIA LATERAL DE EDIMBURGO

Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo

Identifique a preferência no uso das Mãos nas atividades listadas a seguir.

Se for realmente indiferente, assinale sem preferência.

Quando sua preferência é tão forte que você nunca tenta utilizar a outra mão, selecione "não".

Quando você:	Qual mão você prefere usar?		
Escreve	() D	() E	() S/ preferência
Desenha	() D	() E	() S/ preferência
Arremessa, lança um objeto	() D	() E	() S/ preferência
Utiliza a tesoura	() D	() E	() S/ preferência
Usa a escova de dentes	() D	() E	() S/ preferência
Usa a faca	() D	() E	() S/ preferência
Usa a colher	() D	() E	() S/ preferência
Usa a vassoura (mão superior)	() D	() E	() S/ preferência
Risca o fósforo	() D	() E	() S/ preferência
Abre uma caixa (tampa)	() D	() E	() S/ preferência

Quociente de Lateralidade: _____ () Destro () Sinistro

ANEXO D – QUESTIONÁRIO DASH

DASH

(Disabilities of arm, shoulder and hand)

INSTRUÇÕES:

Esse questionário é sobre seus sintomas, assim como suas habilidades para fazer certas atividades.

Por favor, responda a todas as questões baseando-se na sua condição na semana passada.

Se você não teve a oportunidade de fazer uma das atividades na semana passada, por favor, tente estimar qual resposta seria a mais correta.

Não importa qual mão ou braço você usa para fazer a atividade; por favor, responda baseando-se na sua habilidade independentemente da forma como você faz a tarefa.

Nome: _____

Diagnóstico: _____ Lado D() E()

Data de nascimento: _____ Dominância: _____

AVALIE A SUA HABILIDADE EM FAZER AS SEGUINTE ATIVIDADES NA SEMANA PASSADA CIRCULANDO A RESPOSTA APROPRIADA ABAIXO:

	Não houve dificuldade	Pouca dificuldade	Média dificuldade	Muita dificuldade	Não consegui fazer
1. Abrir um vidro novo ou com a tampa muito apertada	1	2	3	4	5
2. Escrever	1	2	3	4	5
3. Virar uma chave	1	2	3	4	5
4. Preparar uma refeição	1	2	3	4	5
5. Abrir uma porta pesada	1	2	3	4	5
6. Colocar algo em uma prateleira acima de sua cabeça	1	2	3	4	5
7. Fazer tarefas domésticas pesadas (por exemplo: lavar	1	2	3	4	5

paredes, lavar o chão)					
8. Fazer trabalho de jardinagem	1	2	3	4	5
9. Arrumar a cama	1	2	3	4	5
10. Carregar uma sacola ou uma maleta	1	2	3	4	5
11. Carregar um objeto pesado (mais de 5 kg)	1	2	3	4	5
12. Trocar uma lâmpada acima da cabeça	1	2	3	4	5
13. Lavar ou secar o cabelo	1	2	3	4	5
14. Lavar suas costas	1	2	3	4	5
15. Vestir uma blusa fechada	1	2	3	4	5
16. Usar uma faca para cortar alimentos	1	2	3	4	5
17. Atividades recreativas que exigem pouco esforço (por exemplo: jogar cartas, tricotar)	1	2	3	4	5
18. Atividades recreativas que exigem força ou impacto nos braços, ombros ou mãos (por exemplo: jogar vôlei, martelar)	1	2	3	4	5
19. Atividades recreativas nas quais você move seu braçolivremente (como pescar, jogar peteca)	1	2	3	4	5
20. Transportar-se de um lugar a outro (ir de um lugar a outro) 1	1	2	3	4	5
21. Atividades sexuais	1	2	3	4	5

	Nada	Quase nada	Um pouco	Muito	Extremamente
22. Na semana passada, em que ponto o seu problema com braço, ombro ou mão afetou suas atividades normais com família, amigos, vizinhos ou colegas?	1	2	3	4	5

	Não limitou	Limitou pouco	Limitou medianamente	Limitou muito	Não consegui fazer
23. Durante a semana passada, o seu trabalho ou atividades diárias normais foram limitadas devido ao seu problema com braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5

POR FAVOR MARQUE UM NÚMERO QUE REPRESENTA A SEVERIDADE DOS SINTOMAS NA SEMANA PASSADA

	Nenhuma	Pouca	Média	Muita	Extrema
24. Você tem dor no braço, ombro ou mão	1	2	3	4	5
25. Você tem dor no braço, ombro ou mão quando realiza alguma atividade específica	1	2	3	4	5
26. Você sente formigamento (sensação de choque) no seu braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5
27. Você sente fraqueza no seu braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5
28. Você sente que o braço, ombro ou mão está rígido (duro, não mexe)?	1	2	3	4	5

	Não houve dificuldade	Pouca dificuldade	Média dificuldade	Muita dificuldade	Tão difícil que você não conseguiu dormir
29. Durante a semana passada, você teve dificuldade para dormir por causa da dor no seu braço,	1	2	3	4	5

ombro ou mão?

	Não	Um pouco	Não sei	Muito	Totalmente
30. Você se sente incapaz, menos confiante ou inútil por causa do seu braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5

MÓDULO DE ESPORTES/ARTES

AS QUESTÕES QUE SEGUEM SÃO A RESPEITO DO IMPACTO CAUSADO NO BRAÇO, OMBRO OU MÃO QUANDO VOCÊ TOCA ALGUM INSTRUMENTO MUSICAL, PRÁTICA ESPORTE OU AMBOS

Se você toca mais de um instrumento, pratica mais de um esporte ou ambos, por favor, respondam com relação ao que é mais importante para você.

Por favor, indique o esporte ou instrumento que é mais importante para você:

() Eu não toco instrumentos ou pratico esportes (você pode pular essa parte)

Por favor circule o número que melhor descreve sua habilidade física na semana passada. Você teve alguma dificuldade para:

	Fácil	Pouco difícil	Dificuldade média	Muito difícil	Não consegui fazer
1. Uso de sua técnica habitual para tocar instrumento ou praticar esporte?	1	2	3	4	5
2. Tocar o instrumento ou praticar o esporte por causa de dor no braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5
3. Tocar seu instrumento ou praticar o esporte tão bem	1	2	3	4	5

quanto você gostaria?

4. Usar a mesma quantidade de tempo tocando seu instrumento ou praticando o esporte?	1	2	3	4	5
--	---	---	---	---	---

AS QUESTÕES SEGUINTE SÃO SOBRE O IMPACTO DO SEU PROBLEMA NO BRAÇO, OMBRO OU MÃO EM SUA HABILIDADE EM TRABALHAR (INCLUINDO TAREFAS DOMÉSTICAS SE ESSE É O SEU PRINCIPAL TRABALHO.

Por favor, indique qual é o seu trabalho: _____

() Eu não trabalho (você pode pular essa parte)

Por favor, circule o número que melhor descreve sua habilidade física na semana passada. Você teve alguma dificuldade para:

	Fácil	Pouco difícil	Dificuldade média	Muito difícil	Não consegui fazer
1. Uso de sua técnica habitual para seu trabalho?	1	2	3	4	5
2. Fazer seu trabalho usual por causa de dor em seu braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5
3. Fazer seu trabalho tão bem quanto você gostaria?	1	2	3	4	5
4. Usar a mesma quantidade de tempo fazendo seu trabalho?	1	2	3	4	5

CÁLCULO DO ESCORE DO DASH

a) Para se calcular o escore das 30 primeiras questões, deverá ser utilizada a seguinte fórmula: (Soma dos valores das 30 primeiras questões - 30)/1,2

b) Para o cálculo dos escores dos módulos opcionais, estes deverão ser calculados separadamente, utilizando a seguinte fórmula: (Soma dos valores - 4)/0,16

ANEXO E – QUESTIONÁRIO PRWE

PRWE (PATIENT RATED WRIST EVALUATION)

INSTRUÇÕES:

As questões abaixo irão nos auxiliar a compreender a dificuldade que você teve com o seu punho na última semana. Você vai estar descrevendo os sintomas do seu punho na última semana numa escala de 0 a 10. Por favor, tente responder todas as questões. Se você não realizou a atividade na semana passada, tente estimar a dor usual ou a dificuldade esperada para realizá-la; se você nunca realizou a atividade poderá deixar a questão em branco.

Nome: _____

Registro prontuário: _____

Diagnóstico: _____ Lado D() E()

Data de nascimento: _____ Dominância: _____

1. DOR

Marque a intensidade da dor no seu punho na última semana circulando o nº que melhor descreve sua dor numa escala de 0 a 10, sendo que zero significa nenhuma dor e 10 significa a pior dor que você já sentiu ou que você não realiza a atividade devido a dor.

Exemplo da escala:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nenhuma dor									Pior dor	

Indique a sua dor:

Ao repouso	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quando realiza uma atividade com movimento repetido do punho	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quando eleva um objeto pesado	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quando está pior	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Qual a frequência da dor

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nunca										
Sempre										

SCORE PARCIAL DOR: SOMATÓRIA = _____

2. FUNÇÃO

A. Atividades específicas

Determine a dificuldade que você teve realizando cada um dos itens listados abaixo, na semana passada, circulando um nº que descreva sua dificuldade numa escala de 0 a 10 (sendo que zero significa que você não teve nenhuma dificuldade e 10 que estava tão difícil que você não foi capaz de realizar a atividade).

Exemplo da escala:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Nenhuma dificuldade realizar											Incapaz de					
Girar a maçaneta da porta com minha mão afetada						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cortar carne com uma faca usando minha mão afetada						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abotoar botões						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Usar a minha mão afetada para levantar da cadeira						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Carregar um objeto de 4,5kg com minha mão afetada						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Usar papel higiênico com minha mão afetada						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

B. Atividades usuais

Determine a dificuldade que você teve para realizar atividades usuais em cada uma das áreas listadas abaixo, na semana passada, circulando um nº que melhor descreve sua dificuldade numa escala de 0 a 10. Por atividades usuais queremos dizer atividades que você realizava antes de ter problemas com seu punho, sendo que zero significa que era tão difícil que você era incapaz de realizar a atividade de qualquer modo.

Cuidados pessoais (vestir-se, banhar-se)						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cuidados com a casa (limpeza e manutenção)						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Trabalho (sua profissão ou trabalho diário usual)						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Atividades recreativas						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

SCORE PARCIAL FUNÇÃO: SOMATÓRIA = (_____)/2

SCORE TOTAL: score dor _____ + score função _____ = _____