

**USO DE SERIOUS GAME NO FORTALECIMENTO DOS MÚSCULOS DO
PUNHO E MÃO**

JULIANA VALENTINO BORGES

UBERABA

2020

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

Juliana Valentino Borges

**USO DE SERIOUS GAME NO FORTALECIMENTO DOS MÚSCULOS DO
PUNHO E MÃO**

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 requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientadora: Dr^a Luciane F. R. M. Fernandes

UBERABA

2020

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

B73u Borges, Juliana Valentino
 Uso de serious game no fortalecimento dos músculos do punho e mão /
 Juliana Valentino Borges. -- 2020.
 55 f. : il., tab.

 Dissertação (Mestrado em Educação Física) -- Universidade Federal do
 Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2020
 Orientadora: Profa. Dra. Luciane Fernanda Rodrigues Martinho
 Fernandes

 1. Serious game. 2. Força Muscular. 3. Treinamento de Resistência.
 4. Fadiga Muscular. I. Fernandes, Luciana Fernanda Rodrigues Martinho.
 II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 796.41

Juliana Valentino Borges

**USO DE SERIOUS GAME NO FORTALECIMENTO DOS MÚSCULOS DO
PUNHO E MÃO**

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 requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientadora: Dr^a Luciane F. R. M. Fernandes

Aprovada em 23 de outubro de 2020

Banca examinadora:

Dra. Luciane Fernanda Rodrigues Martinho Fernandes – orientadora
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dra. Heloyse Uliam Kuriki
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Dernival Bertocello
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, por todas as oportunidades e pessoas que Ele colocou no meu caminho.

Aos meus pais, José Mauricio e Irêne, que estiveram comigo desde o início, me apoiando em minhas escolhas, amo muito vocês. Em especial, à minha mãe, que hoje não está presente, mas que sempre estará comigo nas minhas conquistas. As minhas irmãs, que tanto amo, e me deram força para seguir esse caminho. Não conseguiria sem vocês.

Minha gratidão à Luciane Fernandes, que me orientou não só no mestrado, mas também na vida. Esse tempo que passamos juntas só aumentou minha admiração e carinho por você. Levarei isso por toda a minha vida.

Aos professores que conheci durante minha jornada, em especial a Andrea, que admiro desde a graduação. Aos professores da banca, Heloyse e Dernival, vocês foram essenciais nesse trabalho, obrigada pela atenção e contribuição.

Agradeço à todas as pessoas que conheci nesse mestrado, em especial à Juliana, que dividiu comigo todas as preocupações, risadas, desabafos, alegrias, e à Roberta, que sempre me motivou e ajudou a crescer. Vocês se tornaram grandes amigas que quero levar para minha vida. Vocês fazem parte da minha trajetória. Amo vocês.

Às minhas amigas da faculdade, Daiane, Cissa e Marina. Muito obrigada pela amizade. Amo vocês.

Aos meus amigos, que me acompanham há algum tempo, vocês têm um lugar especial em minha vida. Vocês estiveram comigo nos momentos mais difíceis da minha vida, mas também naqueles especiais, que nunca irei esquecer. Sou grata pela nossa amizade.

Agradeço a todos, que de alguma forma, estiveram comigo nesse mestrado, pessoas que conheci no caminho, pacientes que atendi no ambulatório ou fora dele, participantes do estudo, alunos que tive a chance de dar aulas, vocês também fazem parte da minha história.

Tenho muita sorte por ter vocês na minha

vida! Muito obrigada!

“Mesmo que já tenhas feito uma longa caminhada, há sempre um novo caminho a fazer”.

Santo Agostinho

RESUMO

O primeiro artigo teve como objetivo analisar a diferença entre dois protocolos de fortalecimento na força de preensão palmar, pinça lateral e atividade eletromiográfica dos músculos do punho e mão usando os serious games. Este é um estudo piloto com 14 mulheres saudáveis, que foram divididas em dois grupos com diferença no protocolo de treinamento, Grupo de carga decrescente e Grupo de carga crescente, que realizaram treinamento de força muscular para preensão palmar e pinça lateral. Ambos os protocolos foram eficientes para aumentar a força muscular, com aumento significativo na força muscular máxima e média nos últimos 60% de isometria na preensão palmar comparado ao período inicial. Houve um aumento significativo na força muscular máxima para ambos os grupos na pinça lateral, e para o Grupo de carga crescente na força máxima e média nos últimos 60% de isometria. Ambos os grupos tiveram alterações nos valores eletromiográficos, com diferença significativa entre os grupos para interósseo dorsal na pinça lateral. Conclui-se que ambos os protocolos, usando serious games, foram eficazes para aumentar a força de preensão palmar e pinça lateral; e ambos promoveram mudanças na atividade muscular. Serious games podem ser usados como alternativa no treinamento de força das mãos. O segundo artigo teve como objetivo avaliar os sinais de fadiga muscular, por meio do comportamento da força, do RMS e da frequência mediana durante a realização de tarefas isométricas de preensão palmar e pinça lateral. Foram analisadas ambas as mãos de 16 participantes, totalizando 32 mãos. Foi realizada avaliação eletromiográfica durante 30 segundos da contração isométrica de preensão palmar e pinça lateral. A avaliação da força foi dividida em dois momentos (inicial e final) e da eletromiografia em três (inicial, intermediário e final). Houve diminuição significativa da força de preensão e pinça durante a contração isométrica. A frequência mediana de todos os músculos avaliados diminuiu, essa diferença foi significativa para todos os músculos na preensão palmar e apenas para o interósseo dorsal na pinça lateral. Os valores de RMS aumentaram na em alguns músculos, com diferença significativa apenas para os flexores dos dedos. Conclui-se que a tarefa de contração isométrica gerou perda de força muscular de preensão palmar e pinça lateral e adaptações na ativação muscular, mostrando sinais de fadiga ao longo do tempo.

Palavras-chave: Serious game. Preensão palmar. Pinça lateral. Fadiga.

ABSTRACT

The first article aimed to analyze the difference in handgrip and lateral pinch strength, and electromyographic activity of the wrist and hand muscles between two strengthening protocols using serious games. This is a pilot study with 14 healthy women, who were divided into two groups with a difference in the training protocol, Group of decreasing load and Group of increasing load, who underwent muscle strength training for hand grip and lateral pinch. Both protocols were efficient to increase muscle strength, with a significant increase in maximum strength and average over last 60% of hand grip isometry. Both groups had changes in electromyographic values, with a significant difference between the groups for dorsal interossei in the lateral pinch. It is concluded that both protocols, using serious games, were effective to increase hand grip and lateral pinch strength; and both promoted changes in muscle activity. Serious games can be used as an alternative in hand strength training. The second article aimed to evaluate the signs of muscle fatigue, through the behavior of strength, RMS and median frequency during the performance of isometric hand grip and lateral pinch tasks. Both hands of 16 participants were analyzed, totaling 32 hands. Electromyographic evaluation was performed during 30 seconds of the isometric contraction of hand grip and lateral clamp. The strength assessment was divided into two moments (initial and final) and the electromyography in three (initial, intermediate and final). There was a significant decrease in grip and pinch strength during isometric contraction. The median frequency of all muscles evaluated decreased, this difference was significant for all muscles in the hand grip and only for the dorsal interossei in the lateral pinch. The RMS values increased in some muscles, with a significant difference only for the flexors of the fingers. It is concluded that the isometric contraction task generated loss of muscle strength from hand grip and lateral pinch and adaptations in muscle activation, showing signs of fatigue over time.

Keywords: Serious game. Hand grip. Lateral pinch. Fatigue.

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1

Figura

- 1- Componentes do Kit E-Link da Biometrics. (1: dinamômetro de pinça; 2: computador com alto-falante; 3: interface InterX).....18
- 2- Jogos utilizados no treinamento de força de preensão palmar e pinça. Figuras A e B representam o jogo do Macaco e as figuras C e D representam o jogo do Skate.....20

Artigo 2

Figura

- 1- Dados de força de preensão palmar e pinça lateral.....36

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

Tabela

1- Características iniciais das participantes	17
2- Força máxima e sustentada de preensão palmar.....	21
3- Força máxima e sustentada de pinça lateral.....	22
4- Dados de RMSn de preensão palmar.....	23
5- Dados de RMSn de pinça lateral.....	24

Artigo 2

Tabela

1- Dados de frequência mediana e RMS da preensão palmar.....	37
2-Dados de frequência mediana e RMS da pinça lateral.....	37

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	12
2. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	13
3. ARTIGOS PRODUZIDOS.....	15
3.1 ARTIGO	15
3.2 ARTIGO 2	32
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
5. REFERÊNCIAS.....	45
6. ANEXO.....	47

1. APRESENTAÇÃO

Este estudo foi desenvolvido com o Grupo de Estudo e Pesquisa em Reabilitação da Mão e do Membro Superior, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (GEPMão/UFTM) e as coletas foram realizadas no Laboratório de Biomecânica e Controle Motor, do Departamento de Fisioterapia Aplicada da Universidade Federal do Triângulo Mineiro e está vinculado ao Projeto “Uso de serious game no fortalecimento dos músculos da mão”.

O texto da dissertação está dividido em 4 partes: Parte 1 – Contextualização; Parte 2 – Artigo 1 – “*Serious Games to Enhance Grip and Pinch Strength: A pilot study*”; Parte 3 – Artigo 2 - *Manifestações de fadiga na força e ativação muscular durante a isometria de preensão palmar e pinça lateral*; Parte 4 – Anexos. O artigo 1 é um estudo piloto com 14 mulheres saudáveis que realizaram treinamento de força muscular para preensão palmar e pinça lateral, com diferença no protocolo de treinamento, Grupo Oxford com carga decrescente e Grupo DeLorme com carga crescente. Ambos os grupos aumentaram a força de preensão e de pinça após as 8 semanas de treinamento, sem diferença significativa entre os grupos. Esse artigo foi enviado para a revista *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* e está sob revisão. O artigo 2 é um estudo que analisa a força e os sinais eletromiográficos dos músculos do punho e mão, durante a preensão palmar isométrica mantida por 30 segundos. O estudo apresenta a diminuição significativa da força de preensão palmar e pinça lateral durante a isometria, a diminuição da frequência mediana e aumento do Root Mean Square (RMS) na maioria dos músculos avaliados. Este artigo segue em modelo de manuscrito para correções e posterior submissão e está apresentado nas normas da ABNT de acordo com as regras do Programa de Pós Graduação em Educação Física da UFTM. O artigo “*Effects of serious games in strength and functionality of patients with ulnar nerve lesion: two single-case reports*”, apresentado na qualificação, foi publicado e está em anexo.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

Os protocolos de fortalecimento com carga progressiva Oxford e o DeLorme são comumente utilizados na prática clínica. Para promover a efetividade do treinamento muscular, DeLorme definiu as dez repetições máximas (10RM) como a carga que um indivíduo pode levantar apenas dez vezes antes que ocorra uma falha temporária do músculo. Portanto, uma vez que a carga de 10RM tenha sido estabelecida durante o teste, o sujeito inicia as séries de treinamento executando a primeira série de dez repetições com o equivalente a 50% da carga de 10RM, a segunda a 75% de 10RM e a terceira (última) nos 10RM. O protocolo de Oxford foi criado com a ideia oposta ao método de DeLorme, com treinamento com carga decrescente sendo a primeira série com 100% da carga obtida nas 10 RM, a segunda com 75% e a terceira com 50% (PAULUCIO; CURTY; HACKNEY, 2010).

Alguns autores já avaliaram a eficácia destes dois protocolos no ganho da força dos músculos dos membros inferiores (FISH *et al.*, 2003; PAULUCIO; CURTY; HACKNEY, 2010), entretanto esses mesmos autores não encontraram diferença entre eles. Para o fortalecimento da preensão palmar, Fernandes et al. 2003 também compararam os dois protocolos utilizando exercitadores de mão e encontraram resultados semelhantes.

Para o ganho de força dos músculos da mão, o fisioterapeuta dispõe de recursos tradicionais, como os exercitadores de mãos e dedos da marca Digiflex®. Com eles é possível fortalecer a musculatura, aumentar a mobilidade e a coordenação das mãos e dos dedos (FERNANDES *et al.*, 2003;). Porém, muitos pacientes expressam que o tratamento fisioterapêutico tradicional é monótono e repetitivo.

Para um melhor resultado no tratamento, é importante o uso de técnicas que estimulam a motivação do paciente (MEIJER *et al.*, 2018). Os serious games, com a realidade virtual, promovem várias formas de feedback (visual, auditivo, força) (LEWIS; ROSIE, 2012) que podem ser usados para a recuperação do paciente e como um complemento na reabilitação (PARRY *et al.*, 2015), no entanto, é importante que o terapeuta entenda se essa ferramenta pode ser usada como tratamento ou apenas como um complemento ao tratamento (PUNT *et al.*, 2016).

O Kit *E-Link* da Biometrics® é um dos recursos utilizados na prática clínica para

avaliação e realização de exercícios. O software possui uma ficha de avaliação completa e diferentes possibilidades de jogos para a realização de exercícios para os membros superiores com o objetivo de ganho de amplitude de movimento do ombro, cotovelo e punho e na melhora das funções de preensão e pinças. Tem diferentes acessórios para várias articulações e distintos objetivos. É uma ferramenta de fácil manuseio, e pode ser utilizada de forma complementar à fisioterapia convencional (LEVANON, 2013). O paciente recebe o biofeedback visual e 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 (ZAGO *et al.*, 2019).

A avaliação das forças de preensão palmar e pinça, de maneira estática e dinâmica, devem ser realizadas, para se verificar a eficácia dos treinamentos de força da mão e também auxiliar o fisioterapeuta para escolher o melhor tratamento para cada lesão, (GERODIMOS *et al.*, 2017). Além das medidas de força, é importante associar na avaliação a medida da *endurance*, que é a capacidade de manter uma força até chegar a fadiga (ADAMSON, 1956; WALLSTRÖM; NORDENSKIÖLD, 2001), o que auxilia o fisioterapeuta a entender quais as adaptações estão ocorrendo no músculo.

A fadiga gera mudanças na força (ENOKA *et al.*, 1992; WHITE *et al.*, 2013) e na ativação muscular (ENOKA *et al.*, 1992; LINDSTROM; KADEFORS; PETERSÉN, 1977), que podem ser avaliadas respectivamente pela dinamometria e eletromiografia. A RMS (Root Mean Square) e a frequência mediana são utilizados para descrever o sinal eletromiográfico (KARLSSON; GERDLE, 2001), tornando a eletromiografia um bom meio de monitorar a fadiga (KUPA *et al.*, 1995). Durante o processo de fadiga, há a diminuição da frequência mediana e aumento da RMS (COBB; FORBES, 1923; COWLEY; DINGWELL; GATES, 2014; WANG *et al.*, 2014).

3. ARTIGOS PRODUZIDOS

3.1 ARTIGO 1

SERIOUS GAMES PARA GANHO DE FORÇA DE PREENSÃO E PINÇA: UM ESTUDO PILOTO

SERIOUS GAMES TO ENHANCE GRIP AND PINCH STRENGTH: A PILOT STUDY

RESUMO

O uso de serious games na prática clínica está aumentando, com isso se faz necessário estudos que avaliem a sua eficácia. O objetivo do estudo foi analisar a diferença na força de preensão palmar e pinça lateral e atividade eletromiográfica entre dois protocolos de fortalecimento utilizando os serious games. Dezesseis mulheres foram divididas aleatoriamente em dois grupos: Grupo Carga Decrescente e Grupo Carga Crescente. Catorze participans completaram dois meses de treinamento. O fortalecimento foi realizado por meio de serious games com uso dinamômetros eletrônicos de preensão palmar e pinça. As forças máxima e sustentada foram avaliadas para preensão palmar e pinça lateral. A força sustentada foi avaliada simultaneamente com a eletromiografia do extensor radial do carpo, extensor ulnar do carpo, flexor superficial dos dedos, flexor profundo dos dedos e primeiro interósseo dorsal. Ambos os protocolos foram eficientes para ganho de força muscular, com aumento significativo para força muscular máxima e média de força nos últimos 60% na preensão palmar. Houve um aumento significativo na força muscular máxima para ambos os grupos na pinça lateral e para o Grupo com Carga Crescente no pico de força e média dos últimos 60%. Ambos os grupos tiveram mudanças no sinal eletromiográfico, com diferença significativa entre os grupos no interósseo dorsal na pinça lateral. Ambos os protocolos usando serious games foram efetivos para aumentar a força de preensão palmar e pinça lateral; e ambos promoveram mudanças na ativação muscular. Serious games podem ser usados como uma alternativa no treino de fortalecimento da mão.

Palavras-chave: serious game; preensão palmar; pinça lateral; eletromiografia; dinamometria.

INTRODUÇÃO

O uso de serious games na prática clínica vem aumentando (LANGE *et al.*, 2010), e já é utilizado em diferentes situações, como reabilitação neural e dor crônica (ADAMOVICH *et al.*, 2009; VUGTS *et al.*, 2020). Os serious games permitem interação do paciente com o processo de tratamento, o que, geralmente, não acontece na terapia convencional (ZAGO *et al.*, 2019). O treinamento com a realidade virtual oferece ao paciente exercícios variados, relacionados a esporte, natureza, coisas do dia a dia, estimulando o interesse e motivação dos pacientes (PUNT *et al.*, 2016).

Treinamentos para força dos músculos da mão são, geralmente, individualizados e não tem padronização de protocolo. Dessa maneira, a maioria deles varia no tipo de ferramenta utilizada, número de sessões, repetições (GARCIA-HERNANDEZ; GARZA-MARTINEZ; PARRA-VEGA, 2018). Mesmo sendo treinamentos individualizados, pesquisas com protocolos padronizados podem auxiliar na escolha do protocolo mais adequado para o fortalecimento dos músculos da mão. Com inserção das tecnologias, como o uso de serious games na reabilitação, essa dúvida aumenta, pois ainda não são encontrados na literatura protocolos de exercícios específicos para esses tipos de equipamentos, bem como não se sabe muito sobre sua eficácia frente aos outros métodos convencionais de tratamento (BALTACI *et al.*, 2013; FICKLSCHERER *et al.*, 2016; VUGTS *et al.*, 2020).

Existem dois protocolos que são utilizados nas intervenções fisioterapêuticas, o de carga crescente, chamado de DeLorme, e o de carga decrescente, chamado Oxford. Existem estudos publicados com efeito positivo para ambos os protocolos (FISH *et al.*, 2003; KRAEMER *et al.*, 2017; PAULUCIO *et al.*, 2010), porém, ainda não existem evidências de qual seria o melhor. Esses protocolos de fortalecimento podem ser usados nos exercícios convencionais com elásticos, halteres, bolas, que são usadas para contração máxima, mas não é possível determinar o tempo dessa contração (GARCIA-HERNANDEZ; GARZA-MARTINEZ; PARRA-VEGA, 2018), o que é possível nos serious games.

Portanto, o objetivo de estudo piloto randomizado foi analisar a diferença entre dois protocolos de treinamento na força de preensão palmar e pinça lateral e atividade eletromiográfica dos músculos da mão depois de 2 meses de treinamento com o uso dos serious games.

MATERIAL E MÉTODOS

PARTICIPANTES

Dezesseis mulheres saudáveis, com idade entre 20 e 36 anos foram voluntárias neste estudo. As participantes foram randomizadas por meio de envelope pardo e alocadas entre dois grupos sendo 8 no Grupo Carga Decrescente (GCD) e 8 no Grupo Carga Crescente (GCC). Duas participantes do GCC foram excluídas por não completarem o treinamento. As 14 mulheres completaram os dois meses de treinamento resistido para a preensão palmar e pinça lateral. O Grupo Carga Decrescente seguiu o treinamento com carga decrescente e o Grupo Carga Crescente com carga crescente. A caracterização das pacientes está descrita na tabela 1.

Tabela 1 – Características clínicas iniciais dos participantes

Variáveis	GCD	GCC	P value
Idade (anos)	23±3	23±2	0,658
Dominância D/E	7/1	6/0	
Lado treinado D/E	2/6	0/6	
Força de preensão pré do lado treinado [kgf]	21,76±6,78	21,65±3,11	0,968
Força de preensão pré do lado não treinado [kgf]	23,64±6,36	23,80±4,68	0,959
Força de pinça pré do lado treinado [kgf]	4,80±1,34	5,18±1,33	0,606
Força de pinça pré do lado não treinado [kgf]	5,21±1,14	5,53±1,03	0,597

Nota: DP = desvio padrão; D/E: direito/esquerdo; kgf = quilograma força; GCD: Grupo Carga Decrescente; GCC: Grupo Carga Crescente.

O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (número de protocolo 1.820.857), e todas as participantes assinaram o termo de consentimento.

EQUIPAMENTO

As forças de preensão palmar e pinça lateral foram avaliadas pelos dinamômetros eletrônicos do Kit E-Link da Biometrics®. Esse kit é um sistema de avaliação e treinamento, permite exercícios ativos e resistidos dos membros superiores; para a realização dos jogos do sistema é necessária reação ao estímulo visual, ou seja, para ter sucesso é preciso responder ao movimento (ROSTAMI *et al.*, 2012). Os componentes do sistema de avaliação e treinamento são: os dinamômetros do Kit E-link da Biometrics®, computador em execução com autofalantes e interface InterX que conecta os módulos de avaliação e exercício do E-LINK ao computador via porta USB (Figura 1). O dinamômetro de preensão foi projetado para trabalhar

com cargas entre 0 a 90 quilos. Já o de pinça permite trabalhar com uma força de compressão entre 0 e 22,5 quilos (BIOMETRICS LTD, 2020).



Figura 1: Componentes do Kit E-Link da Biometrics. (1: dinamômetro de pinça; 2: computador com alto-falante; 3: interface InterX)

Foi utilizado o eletromiógrafo de superfície da marca Delsys® Trigno™ Wireless System com filtro passa-banda de 20 a 500 Hz, modo de rejeição comum maior que 120 dB, impedância de entrada maior que 10 MΩ e ganho total de 2.000 no pré-amplificador de eletrodo bipolar. Para esse estudo foram utilizados 4 eletrodos padrão e 1 mini sensor. Cada sensor contém 2 eletrodos com distância de 10 mm e sistema sem fio que transmite as informações para a base com uma distância de aproximadamente 20 metros. Os dados foram coletados na frequência de 2.000 Hz.

PROCEDIMENTOS

Os dados foram coletados antes e após a intervenção. As voluntárias permaneceram sentadas, com o cotovelo fletido a 90 graus e antebraço em neutro (FESS; MORAN, 1981). Realizaram 3 medidas de força isométrica máxima absoluta e 1 medida de força isométrica mantida por 30 segundos. A empunhadura do dinamômetro foi mantida na segunda posição, pois esta é considerada a mais eficiente para testes de força, sendo adotada pela Sociedade Norte Americana de Terapeutas da Mão (SATM) para testes rotineiros (FESS; MORAN, 1981) também por ser a melhor posição para as mulheres (FERNANDES, 2003). Para a força máxima, foram realizadas 3 medidas e calculada a média. Para a força sustentada, as participantes realizaram uma medida de força isométrica mantida por 30 segundos, e as variáveis analisadas foram: pico de força e média nos últimos 60% da isometria.

Foi realizada avaliação eletromiográfica dos músculos extensor ulnar do carpo (EUC), extensor radial do carpo (ERC), flexor superficial dos dedos (FSD), flexor profundo dos dedos (FPD) e primeiro interósseos dorsal (ID), durante a o teste de força isométrica mantida por 30 segundos. Foi utilizado o eletromiógrafo de superfície da marca Delsys®. Foi realizado a normalização da RMS pelo pico de RMS durante a contração. Os eletrodos foram colocados paralelos as fibras musculares, na região entre ponto motor e a inserção proximal. A preparação da pele, limpeza e abrasão foram seuidas de acordo com as recomendações do protocolo SENIAM (HERMENS *et al.*, 1997).

DESCRIÇÃO DOS JOGOS

Dois jogos foram selecionados para o treinamento. Para o treino de força de preensão palmar foi utilizado o jogo do macaco e para o treino de força de pinça lateral o jogo do skate (figura 2). Ambos tinham a duração de 1 minuto, e foram realizados com 3 séries de 10 repetições. A participante mantinha 3 segundos de isometria e 3 segundos de repouso, totalizando as 10 repetições em 60 segundos por série. No final de cada jogo, a participante pôde ver seu desempenho que era dado em porcentagem.

- Jogo do macaco: permite ao jogador controlar o macaco para subir e descer de uma árvore e pegar bananas. A força da compressão da empunhadura permite que o macaco suba na árvore e o relaxamento, ou seja, diminuição da força permite que o macaco desça.
- Jogo do skate: permite ao jogador controlar o boneco que está no skate e decidir se ele vai para direita ou esquerda. A compressão (força) realizada na pinça lateral levava o skate para a direita e o relaxamento levava para a esquerda.

A carga de cada participante foi determinada pelo teste de força isométrica máxima, e cada série realizada com 100, 75 e 50% ou 50, 75 e 100% dessa carga, dependendo do grupo do estudo (GCD e GCC).



Figura 2: Jogos utilizados no treinamento de força de preensão palmar e pinça. Figuras A e B representam o jogo do Macaco e as figuras C e D representam o jogo do Skate.

PROTOCOLO DE TREINAMENTO

As participantes realizaram dois meses de treinamento de força, com duas sessões semanais. Cada sessão começou com alongamento da musculatura extensora e flexora de punho com três repetições de trinta segundos cada; em seguida o treinamento de força. O GCD realizou o treino com carga decrescente, ou seja, as três séries com 100, 75 e 50% da força máxima respectivamente. O GCC realizou o treinamento com carga crescente, as séries com 50, 75 e 100% respectivamente.

O lado treinado foi o não dominante ou o lado mais fraco determinado pela avaliação. A força isométrica máxima foi reavaliada toda semana para reajuste da carga de treinamento.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizada análise descritiva e a normalidade foi testada com o teste de Shapiro-Wilk. O teste de Wilcoxon foi utilizado na análise intragrupo e o teste de Mann Whitney na análise intergrupo. Significância adotada de $p \leq 0,05$. O tamanho do efeito foi verificado com o d de

Cohen (ROSENTHAL, 1996) para cada grupo e entre eles

RESULTADOS

FORÇA MUSCULAR MÁXIMA E FORÇA MUSCULAR SUSTENTADA

Análise intragrupo: Ambos os grupos mostraram aumento na média dos valores de todas as variáveis de força para preensão palmar e pinça lateral. Para preensão palmar, esse aumento foi significativo para os dois grupos na força muscular máxima com um tamanho do efeito grande, e para a média de força nos últimos 60% com um tamanho de efeito muito grande. Para pinça lateral esse aumento foi significativo para ambos os grupos na força muscular máxima, no entanto, apenas o GCD teve diferença significativa para o pico de força e a média de força nos últimos 60%, todos com um tamanho do efeito grande (Tabela 2 e 3).

Análise intergrupo: Não houve diferença significativa comparando os valores após o treinamento entre os grupos para preensão palmar e pinça lateral. Todavia, em relação ao tamanho do efeito, esse foi médio para a força muscular máxima na preensão palmar e grande para pico de força na pinça lateral (Tabela 2 e Tabela 3).

Tabela 2 – Força muscular máxima e sustentada de Preensão Palmar.

		Média ± DP	95% IC da diferença		<i>p</i>	<i>d de Cohen</i>	<i>p</i>	<i>d de Cohen</i>
			Inferior	Superior	<i>Intra grupo</i>	<i>Intra grupo</i>	<i>Inter grupo</i>	<i>Inter grupo</i>
<i>Força muscular máxima</i>								
GCD	Pré	21,76±6,78						
	Pós	27,35±5,47	2,65	8,52	0,012*	1,09		
						0,282	0,71	
GCC	Pré	21,65±3,11						
	Pós	24,83±3,35	-0,21	6,58	0,043*	1,18		
<i>Pico de força</i>								
GCD	Pré	15,38±5,38						
	Pós	19,65±5,81	-1,83	10,35	0,161	0,92		
						1,00	0,09	
GCC	Pré	15,81±5,13						
	Pós	19,58±8,17	-0,99	8,52	0,116	0,68		
<i>Média nos últimos 60%</i>								
GCD	Pré	10,08±4,38						
	Pós	14,43±3,58	1,36	7,33	0,025	1,31		
						0,573	0,02	
GCC	Pré	10,76±4,09						
	Pós	15,03±3,94	-0,12	8,65	0,046*	1,28		

Nota: DP = Desvio Padrão; IC = Intervalo de confiança; Tamanho do efeito: d de Cohen <0.19 efeito insignificante; 0.20-0.49 pequeno; 0.50-0.79 médio; 0.80-1.29 grande e > 1.30 muito grande¹⁷; * = diferença significativa; GCD = grupo com carga decrescente; GCC = grupo com carga crescente.

Tabela 3 - Força muscular máxima e sustentada de Pinça Lateral.

		Média ± DP	95% IC da diferença		<i>p</i>	<i>d de Cohen</i>	<i>p</i>	<i>d de Cohen</i>
			Inferior	Superior	<i>Intra grupo</i>	<i>Intra grupo</i>	<i>Inter grupo</i>	<i>Inter grupo</i>
<i>Força muscular máxima</i>								
GCD	Pré	4,80±1,34	-0,15	1,47	0,046*	0,67	0,573	0,23
	Pós	5,46±1,05						
GCC	Pré	5,18±1,33	0,21	1,48	0,046*	0,91		
	Pós	6,03±0,92						
<i>Pico de força</i>								
GCD	Pré	3,28±1,15	0,46	2,03	0,012*	1,39	0,950	1,05
	Pós	4,53±1,00						
GCC	Pré	4,43±1,95	-1,51	1,77	0,753	0,12		
	Pós	4,56±0,58						
<i>Média nos últimos 60%</i>								
GCD	Pré	2,18±0,88	0,15	1,24	0,018*	1,08	1,00	0,78
	Pós	2,88±0,68						
GCC	Pré	2,86±0,90	-0,22	0,75	0,249	0,42		
	Pós	3,13±0,66						

Nota: DP = Desvio Padrão; IC = Intervalo de confiança; Tamanho do efeito: d de Cohen <0.19 efeito insignificante; 0.20-0.49 pequeno; 0.50-0.79 médio; 0.80-1.29 grande e > 1.30 muito grande¹⁷; * = diferença significativa; GCD = grupo com carga decrescente; GCC = grupo com carga crescente.

ELETROMIOGRAFIA

Análise intragrupo: Ambos os grupos tiveram mudanças no RMS normalizado depois do treinamento, houve diminuição significativa para o EUC e aumento significativo do ID, com um tamanho do efeito muito grande na prensão palmar para o GCC (Tabela 4 e Tabela 5).

Análise intergrupo: Houve diferença significativa para o ID, comparando os valores após treinamento, com um tamanho do efeito muito grande na pinça lateral (Tabela 4 e Tabela 5).

Tabela 4 – Dados de RMSn para Pressão Palmar

		Média ± DP	95% IC da diferença		<i>p</i>	<i>d de Cohen</i>	<i>p</i>	<i>d de Cohen</i>
			Inferior	Superior	<i>Intra grupo</i>	<i>Intra grupo</i>	<i>Inter grupo</i>	<i>Inter grupo</i>
ERC								
GCD	Pré	0,56±0,05						
	Pós	0,39±0,21	-0,33	-0,00	0,123	1,57		
GCC	Pré	0,47±0,19					0,345	0,99
	Pós	0,54±0,07	-0,17	0,33	0,917	0,65		
EUC								
GCD	Pré	0,56±0,06						
	Pós	0,41±0,23	-0,39	0,08	0,327	1,24		
GCC	Pré	0,59±0,10					0,573	0,78
	Pós	0,54±0,08	-0,11	0,01	0,028*	0,67		
FSD								
GCD	Pré	0,52±0,05						
	Pós	0,54±0,10	-0,06	0,11	0,484	0,32		
GCC	Pré	0,60±0,05					0,491	0,34
	Pós	0,57±0,07	-0,09	0,03	0,600	0,60		
FPD								
GCD	Pré	0,56±0,08						
	Pós	0,51±0,10	-0,14	0,03	0,262	0,67		
GCC	Pré	0,50±0,05					0,852	0,26
	Pós	0,48±0,14	-0,12	0,15	0,917	0,25		
ID								
GCD	Pré	0,45±0,14						
	Pós	0,45±0,08	-0,09	0,10	0,889	0,00		
GCC	Pré	0,48±0,04					0,059	0,92
	Pós	0,54±0,04	0,00	0,11	0,043*	1,80		

Nota: DP = Desvio Padrão; IC = Intervalo de confiança; Tamanho do efeito: *d* de Cohen <0.19 efeito insignificante; 0.20-0.49 pequeno; 0.50-0.79 médio; 0.80-1.29 grande e > 1.30 muito grande¹⁷; * = diferença significativa; GCD = grupo com carga decrescente; GCC = grupo com carga crescente; ERC = extensor radial do carpo; EUC = extensor ulnar do carpo; FSD = flexor superficial dos dedos; FPD = flexor profundo dos dedos; ID = interósseo dorsal.

Tabela 5 - Dados de RMSn para Pinça Lateral.

		Média ± DP	95% IC da diferença		<i>P</i> Intra grupo	<i>d de</i> Cohen Intra grupo	<i>P</i> Inter grupo	<i>d de Cohen</i> Inter grupo
			Inferior	Upper				
ERC								
GCD	Pré	0,49±0,11	-0,06	0,09	0,674	1,14	0,852	0,10
	Pós	0,51±0,10						
GCC	Pré	0,53±0,13	-0,08	0,08	0,753	0,11		
	Pós	0,52±0,09						
EUC								
GCD	Pré	0,56±0,16	-0,16	0,04	0,327	0,53	0,573	0,11
	Pós	0,50±0,11						
GCC	Pré	0,59±0,15	-0,28	0,09	0,345	1,09		
	Pós	0,49±0,07						
FSD								
GCD	Pré	0,46±0,05	-0,17	0,07	0,208	0,57	0,345	0,34
	Pós	0,41±0,16						
GCC	Pré	0,50±0,04	-0,15	0,14	0,753	0,16		
	Pós	0,49±0,11						
FPD								
GCD	Pré	0,54±0,12	-0,16	0,08	0,779	0,36	1,000	0,24
	Pós	0,51±0,08						
GCC	Pré	0,53±0,10	-0,09	0,08	0,917	0,00		
	Pós	0,53±0,09						
ID								
GCD	Pré	0,44±0,18	-0,12	0,15	0,779	0,18	0,003*	1,94
	Pós	0,46±0,09						
GCC	Pré	0,49±0,09	0,00	0,24	0,075	1,92		
	Pós	0,61±0,06						

Nota: DP = Desvio Padrão; IC = Intervalo de confiança; Tamanho do efeito: d de Cohen <0.19 efeito insignificante; 0.20-0.49 pequeno; 0.50-0.79 médio; 0.80-1.29 grande e > 1.30 muito grande¹⁷; * = diferença significativa; GCD = grupo com carga decrescente; GCC = grupo com carga crescente; ERC = extensor radial do carpo; EUC = extensor ulnar do carpo; FSD = flexor superficial dos dedos; FPD = flexor profundo dos dedos; ID = interósseo dorsal.

DISCUSSÃO

Esse estudo demonstrou a aplicabilidade do serious game para treinamento de preensão palmar e pinça lateral utilizando dois protocolos tradicionais de fortalecimento. Ambos os grupos tiveram bons resultados para ganho de força muscular após as 16 sessões. Os protocolos de Oxford e DeLorme são usados para treino de força e resistência muscular

e foram escolhidos para este estudo. O protocolo de DeLorme foi criado por Thomas DeLorm, em que ele sobrecarregava o músculo aumentando a carga (PAULUCIO *et al.*, 2010) e isso preparava o indivíduo para a carga final (KRAEMER *et al.*, 2017). O protocolo de Oxford foi idealizado com a carga decrescente, com o intuito de estudar a fadiga (KRAEMER *et al.*, 2017).

Fish et al (2003) (FISH *et al.*, 2003), Paulucio et al (2010) (PAULUCIO *et al.*, 2010) e Fernandes et al (2003) (FERNANDES *et al.*, 2003) concluíram que ambos os protocolos são eficientes para ganho de força muscular e melhorar a performance muscular e no nosso estudo o ganho de massa muscular foi significativa para o GCD e GCC, porém não houve diferença significativa entre os protocolos. Para força muscular sustentada, o pico de força e a média de força nos últimos 60% tiveram aumento significativo apenas na pinça lateral no GCD. Foi utilizado a média de força nos últimos 60% para avaliar a perda de força durante os 30 segundos da isometria. Quanto maior a média de força nos últimos 60%, menos a perda de força. Portanto, o protocolo do GCD melhorou a capacidade de realizar a atividade antes que ocorra a fadiga (ADAMSON, 1956).

Houve mudança no RMSn dos músculos na análise eletromiográfica na preensão palmar e pinça lateral. Essa variável representa o número de unidades motoras recrutadas ao longo da contração voluntária (WATANABE *et al.*, 2018). Para comparar a atividade do músculo em diferentes avaliações é necessário a normalização dos dados da EMG (JANG *et al.*, 2018). No presente estudo, a normalização foi realizada em relação ao pico de RMS do músculo, e o RMSn diminuiu após a intervenção na maioria dos músculos. No GCC houve um aumento significativo no RMSn para o ID após o treinamento na preensão palmar e uma diferença significativa entre os grupos na pinça lateral.

Encontramos uma diminuição do RMSn no ERC no GCD após o treinamento na preensão palmar. Os músculos extensores do punho atuam como estabilizadores (FORMAN *et al.*, 2019), e os flexores dos dedos auxiliam na força de preensão (WACHTER *et al.*, 2017). Portanto, é possível interpretar que com o aumento de força muscular, foram necessárias menos unidades motoras para a realização da atividade, confirmado pela diminuição do RMSn.

Para alguns autores, treino com maior carga e curtos períodos de descanso demonstram menor taxa de fadiga (COMMUNICATIONS, 2009). O treinamento de DeLorme, realiza a última série com 100% de carga, o que dificulta a realização completa do exercício, levando a

fadiga. A técnica de Oxford realiza a primeira série com a carga máxima, e o decréscimo dessa carga imita o processo de fadiga muscular, no qual o músculo continuaria exercendo sua capacidade máxima (ZINOVIEFF, 1951).

A utilização do serious games vem sendo realizada por diferentes pesquisadores, com diferentes finalidades (DEL CORRAL *et al.*, 2018; GARCIA-HERNANDEZ; GARZA-MARTINEZ; PARRA-VEGA, 2018; VUGTS *et al.*, 2020; ZAGO *et al.*, 2019). Ele permite interação do paciente com o processo de tratamento, e ainda possibilita a manipulação da duração, intensidade, tipo de feedback, de acordo com o objetivo do tratamento (ZAGO *et al.*, 2019). Alguns produtos de entretenimento que são vendidos para a população, geralmente rastreiam movimentos brutos que são detectados pelo controlador (HERNÁNDEZ *et al.*, 2018). No presente estudo, foram utilizados os próprios dinamômetros do Kit E-link para treinamento, o que é uma boa alternativa para treino dos músculos da mão, pois fornece a resistência focada na preensão e na pinça.

Tratamento com biofeedback aumenta a motivação do paciente para o tratamento, em relação a prazer e interesse (GARCIA-HERNANDEZ; GARZA-MARTINEZ; PARRA-VEGA, 2018). Os jogos promovem motivação para o paciente, seja na criança com o lúdico, ou no adulto com a competição (LEWIS; ROSIE, 2012). A motivação contribui para a realização do objetivo desejado, e a realidade virtual, presente nos serious games, fornece motivação e inovação com situações interessante e interativas, escolhidas para cada pessoa (ROSTAMI *et al.*, 2012).

CONCLUSÃO

Os principais achados deste estudo afirmam que é possível utilizar os serious games como alternativa ao tratamento convencional. O Grupo com Carga Decrescente foi eficiente para aumento de força muscular de preensão palmar e uma diminuição da ativação muscular do Extensor Radial do Carpo, o que infere em evitar a fadiga. No entanto, ambos os protocolos levaram a um aumento da atividade muscular do Interósseo Dorsal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem todos os participantes do estudo. Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) Código Financeiro 001 e Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais

(FAPEMIG - Processo n ° APQ- 02850-11).

REFERÊNCIAS

- ADAMOVICH, Sergei V. *et al.* Sensorimotor training in VR: A review. *Neuro Rehabilitation*, v. 25, n. 1, p. 1–21, 2009.
- ADAMSON, G T. CIRCUIT TRAINING. *Ergonomics*, v. 2, n. January, p. 183–186, 1956.
- BALTACI, Gul *et al.* Comparison between Nintendo Wii Fit and conventional rehabilitation on functional performance outcomes after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: Prospective, randomized, controlled, double-blind clinical trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, v. 21, n. 4, p. 880–887, 2013.
- BIOMETRICS LTD. *Hand Grip Dynamometer & Pinchmeter For Upper Extremity Therapy*. . [S.l.]: Biometrics. Disponível em: <<https://biometricsltd.com/hand-kit.htm>>. , 2020
- BLOMKVIST, A. W. *et al.* Isometric hand grip strength measured by the Nintendo Wii Balance Board - A reliable new method Rehabilitation, physical therapy and occupational health. *BMC Musculoskeletal Disorders*, v. 17, n. 1, p. 1–7, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12891-016-0907-0>>.
- COBB, Stanley; FORBES, Alexander. Electromyographic stanley. *Journal of Physiology- Legacy Content*, v. 65, n. 2, p. 234–251, 1923.
- COMMUNICATIONS, Special. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 41, n. 3, p. 687–708, 2009.
- COWLEY, Jeffrey C; DINGWELL, Jonathan B; GATES, Deanna H. Effects of local and widespread muscle fatigue on movement timing. *Experimental Brain Research*, v. 232, n. 12, p. 3939–3948, 2014.
- DEL CORRAL, Tamara *et al.* Effectiveness of a home-based active video game programme in young cystic fibrosis patients. *Respiration, Videogame e fibrose cística*, v. 95, n. 2, p. 87– 97, 2018.
- DESROSIERS, Johanne; BRAVO, Gina; HÉBERT, Réjean. Isometric grip endurance of healthy elderly men and women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, v. 24, n. 1, p. 75– 85, 1997.
- ENOKA, Roger M *et al.* Neurobiology of muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology*, v. 72, n. 5, p. 1631–1648, 1992.
- FERNANDES, L.F.R.M. *et al.* Comparison of two protocols for increasing grip strength. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 7(1), n. 17–23, p. 1–2, 2003.
- FESS, Elaine Ewing; MORAN, Christine A. *Clinical Assessment Recommendations*. [S.l.]: American Society of Hand Therapists, 1981.
- FICKLSCHERER, Andreas *et al.* Testing the feasibility and safety of the Nintendo Wii gaming console in orthopedic rehabilitation: A pilot randomized controlled study.

Archives of Medical Science, v. 12, n. 6, p. 1273–1278, 2016.

FISH, David E *et al.* Optimal Resistance Training. n. December, p. 903–909, 2003.

FORMAN, Davis A. *et al.* The influence of simultaneous handgrip and wrist force on forearm muscle activity. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 45, n. February, p. 53–60, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2019.02.004>.

GARCIA-HERNANDEZ, Nadia; GARZA-MARTINEZ, Karen; PARRA-VEGA, Vicente. Electromyography biofeedback exergames to enhance grip strength and motivation. *Games for Health Journal*, v. 7, n. 1, p. 75–82, 2018.

GERODIMOS, Vassilis *et al.* Static and Dynamic Handgrip Strength Endurance: Test-Retest Reproducibility. *Journal of Hand Surgery*, v. 42, n. 3, p. e175–e184, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2016.12.014>.

HERMENS, Hermie J. *et al.* European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy. Roessingh Research and Development, p. 8–11, 1997.

HERNÁNDEZ, Hamilton A. *et al.* Force resistance training in hand grasp and arm therapy: Feasibility of a low-cost videogame controller. *Games for Health Journal*, v. 7, n. 4, p. 277–287, 2018.

JANG, Myung Hun *et al.* Validity and Reliability of the Newly Developed Surface Electromyography Device for Measuring Muscle Activity during Voluntary Isometric Contraction. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, v. 2018, 2018.

JOHANSSON, Charity A N N; KENT, Barbara E; SHEPARD, Katherine F. Relationship Between Verbal Command Volume and Magnitude of Muscle Contraction. *Physical Therapy*, v. 63, n. 8, p. 1260–1265, 1983.

KARLSSON, Stefan; GERDLE, Björn. Mean frequency and signal amplitude of the surface EMG of the quadriceps muscles increase with increasing torque - A study using the continuous wavelet transform. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 11, n. 2, p. 131–140, 2001.

KRAEMER, William J. *et al.* Understanding the Science of Resistance Training: An Evolutionary Perspective. *Sports Medicine*, v. 47, n. 12, p. 2415–2435, 2017.

KUPA, E. J. *et al.* Effects of muscle fiber type and size on EMG median frequency and conduction velocity. *Journal of Applied Physiology*, v. 79, n. 1, p. 23–32, 1995.

LANGE, Belinda *et al.* Development of an interactive game-based rehabilitation tool for dynamic balance training. *Topics in Stroke Rehabilitation*, v. 17, n. 5, p. 345–352, 2010.

LINDSTROM, Lars; KADEFORS, Roland; PETERSÉN, Ingemar. An electromyographic index localized muscle fatigue for. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, v. 43, n. 4, p. 750–4, 1977.

MERLETTI, Roberto; KNAFLITZ, Marco; DE LUCA, Carlo J. Myoelectric manifestations of fatigue in voluntary and electrically elicited contractions. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, v. 11, p. 251–279, 1984.

NADERI, Sasan *et al.* A Comparative Study on the Effects of Functional and Non-Functional Fatigue Protocols on Dynamic Balance of Amateur Basketball Players. *Journal of Sport Biomechanics*, FAdiga Artigo Antônio, n. July, p. 168–177, 2020.

PAULUCIO, Dailson *et al.* Comparison of DeLorme with Oxford resistance training techniques : Effects of training on muscle damage. n. June, 2010.

PEROTTO, Aldo O. *Anatomical Guide for the Electromyographer The limbs and Trunk*. 5. ed. [S.l.]: Charles C Thomas, 2011.

PUNT, I. M. *et al.* Wii Fit™ exercise therapy for the rehabilitation of ankle sprains: Its effect compared with physical therapy or no functional exercises at all. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, v. 26, n. 7, p. 816–823, 2016.

RIZZO, John Ross *et al.* Structured Wii protocol for rehabilitation of shoulder impingement syndrome: A pilot study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, v. 60, n. 6, p. 363–370, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rehab.2016.10.004>>.

ROSENTHAL, James A. Qualitative descriptors of strength of association and effect size. *Journal of Social Service Research*, v. 21, n. 4, p. 37–59, 1996.

ROSTAMI, Hamid Reza *et al.* Effects of modified constraint-induced movement therapy in virtual environment on upper-limb function in children with spastic hemiparetic cerebral palsy: A randomised controlled trial. *NeuroRehabilitation*, v. 31, n. 4, p. 357–365, 2012.

TODD, J Anice S; SHURLEY, J Ason P; TODD, Terry C. Thomas I. Delorme and the science of progressive resistance exercise. v. 26, n. 11, p. 2913–2923, 2012.

VUGTS, Miel Ap *et al.* Serious Gaming During Multidisciplinary Rehabilitation for Patients With Chronic Pain or Fatigue Symptoms: Mixed Methods Design of a Realist Process Evaluation. *Journal of medical Internet research*, v. 22, n. 3, p. e14766, 2020.

WACHTER, Nikolaus Johannes *et al.* Quantification of hand function by power grip and pinch strength force measurements in ulnar nerve lesion simulated by ulnar nerve block. *Journal of Hand Therapy*, v. 31, n. 4, p. 524–529, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jht.2017.05.016>>.

WALLSTRÖM, Åsa; NORDENSKIÖLD, Ulla. Assessing hand grip endurance with repetitive maximal isometric contractions. *Journal of Hand Therapy*, v. 14, n. 4, p. 279–285, 2001.

WANG, Lejun *et al.* A Comparative Study of EMG Indices in Muscle Fatigue Evaluation Based on Grey Relational Analysis during All-Out Cycling Exercise. *BioMed Research International*, v. 2018, 2018.

WANG, Lejun *et al.* Fatigue-related electromyographic coherence and phase synchronization analysis between antagonistic elbow muscles. *Experimental Brain Research*, v. 233, n. 3, p. 971–982, 2014.

WATANABE, Kohei *et al.* Relationships between muscle strength and multi-channel surface EMG parameters in eighty-eight elderly. *European Review of Aging and Physical Activity*, v. 15, n. 1, p. 1–10, 2018.

WHITE, Ciara *et al.* Handgrip and quadriceps muscle endurance testing in young adults. *SpringerPlus*, Artigo para fadiga força muscular preensão palmar, v. 2, n. 1, p. 1–8, 2013.

ZAGO, Najara Nader *et al.* Serious games therapy associated with conventional physical therapy intervention accelerated hand muscles strengthening and hand functioning after complex fracture of the wrist: A case report. *Journal of Hand Therapy*, p. 1–6, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jht.2018.11.003>>.

ZINOVIEFF, A. N. 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.

3.2 ARTIGO 2

DIMINUIÇÃO DA FORÇA E DA ATIVAÇÃO MUSCULAR DURANTE ISOMETRIA DE PREENSÃO PALMAR E PINÇA LATERAL

DECREASED IN MUSCLE STRENGTH AND ACTIVATION DURING HANDGRIP ISOMETRY AND LATERAL PINCH

RESUMO

A força de preensão palmar é indicativo de capacidade funcional geral do indivíduo, por isso é importante uma boa avaliação da mesma. O exercício isométrico é utilizado durante sessões de treinamento e em algumas atividades diárias. O objetivo do estudo foi avaliar variáveis indicativas de fadiga neuromuscular, por meio do comportamento da força, da ativação muscular e da frequência mediana durante a realização de tarefas isométricas de preensão palmar e pinça lateral. Foi realizada avaliação de duas tarefas de contração isométrica, utilizando a dinamometria de preensão palmar e pinça lateral, e eletromiografia dos músculos do punho e mão. Foram avaliadas ambas as mãos de 16 mulheres. A avaliação de força foi dividida em dois momentos (inicial e final) e a eletromiográfica em três momentos (inicial, intermediário e final). Durante os 30 segundos de contração isométrica houve diminuição significativa da força de preensão palmar e pinça lateral, quando comparados os dois momentos. Na avaliação eletromiográfica, momento inicial e final, houve queda significativa da frequência mediana para todos os músculos durante a preensão palmar e apenas para o interósseo dorsal durante a pinça lateral. Já a RMS teve aumento significativo apenas para os músculos flexores superficiais e profundos dos dedos na pinça lateral. A tarefa isométrica gerou perda de força muscular de preensão palmar e pinça lateral e adaptações na ativação muscular, provavelmente devido à fadiga ao longo do tempo para a preensão palmar. Foram observados sinais de fadiga por meio da diminuição nos valores da frequência mediana, de todos os músculos avaliados.

INTRODUÇÃO

A força de preensão palmar e pinça é a combinação das ações da musculatura extrínseca e intrínseca da mão (WACHTER *et al.*, 2017), é um indicativo de função da mão e capacidade funcional geral (GERODIMOS *et al.*, 2017). Além disso, é de grande importância entender a ativação e recrutamento muscular desses músculos com o intuito de prevenir lesões (FORMAN *et al.*, 2019) e melhorar as formas de treinamento resistido. Para a avaliação da força muscular os profissionais e pesquisadores utilizam dinamômetros de preensão e de pinça, considerados padrão ouro (BLOMKVIST *et al.*, 2016), e, para a avaliação da atividade muscular, durante o repouso ou em atividades funcionais, utiliza-se a eletromiografia de superfície (KUPA *et al.*, 1995).

Alguns métodos ou exercícios, muito utilizados na prática clínica, como a contração isométrica (NADERI *et al.*, 2020), podem induzir a fadiga. O processo de fadiga gera mudanças na força e ativação muscular (LINDSTROM; KADEFORS; PETERSÉN, 1977) não reduzindo a capacidade do músculo em produzir tensão (NADERI *et al.*, 2020). Para que se consiga melhor *performance*, a pessoa necessita equilíbrio entre força e resistência física.

Durante um exercício ou atividade física, há mudanças na contração muscular que refletem em sinais e sintomas expresso pelo indivíduo e indicam a ocorrência de fadiga. Algumas alterações podem ser mensuradas por meio de sinais mioelétricos, observados pela eletromiografia (LINDSTROM; KADEFORS; PETERSÉN, 1977).

O objetivo do estudo, portanto, é avaliar os sinais de fadiga muscular, por meio do comportamento da força, da ativação muscular e da frequência mediana durante a realização de tarefas isométricas de preensão palmar e pinça lateral. Este estudo teve como hipótese que haveria diminuição dos valores da força, aumento na ativação muscular observada pelo aumento do *Root Mean Square* e diminuição da frequência mediana, quando comparados os dez segundos iniciais (momento 1) e os dez segundos finais (momento 3) durante a realização de tarefas de contração isométrica máximas de preensão palmar e de pinça lateral.

MÉTODOS

PARTICIPANTES

Dezesseis participantes do sexo feminino, com média de idade de 24 anos, participaram do estudo. Os critérios de inclusão foram: ter idade entre 18 e 36 anos, ser do sexo feminino, ser estudante de graduação, sem problemas musculoesquelético e neurológico, que compreendesse os testes. Os critérios de exclusão foram: sentir dor durante a realização do teste, não realização completa do teste. As participantes foram instruídas sobre o teste e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O trabalho foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (CAAE: 58751916.3.0000.5154).

PROCEDIMENTOS

Foi realizada avaliação das mãos dominante e não dominante das dezesseis participantes, totalizando 32 mãos. Inicialmente foi realizado um teste estatístico para verificar se havia diferenças entre as mãos dominante e não dominante nas variáveis de interesse e, como não foi encontrada diferença significativa, todas as mãos foram incluídas no estudo em um único grupo. A avaliação eletromiográfica dos músculos do punho e mão aconteceu simultaneamente à avaliação da força isométrica máxima de preensão palmar e pinça lateral, mantidas durante 30 segundos cada mensuração. Para garantir a força isométrica máxima, as participantes foram orientadas a manter a força durante toda a avaliação e um comando de voz foi utilizado para estimular a maior contração muscular (JOHANSSON; KENT; SHEPARD, 1983).

AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR

As forças de preensão e de pinça foram mensuradas por meio dos dinamômetros E-Link, do Kit H500, da Biometrics®. As participantes permaneceram sentadas, ombro em adução, cotovelo fletido a 90 graus e antebraço em neutro (FESS; MORAN, 1981). Realizaram a medida de força isométrica mantida por 30 segundos, que é o maior tempo permitido pelo programa. A empunhadura do dinamômetro foi mantida na segunda posição pois é considerada a mais eficiente para testes de força e é a adotada pela Sociedade Norte Americana de Terapeutas da Mão (SATM) para testes rotineiros (Fess e Moran, 1981). Em trabalho publicado pelo nosso grupo, verificou-se, também, que a segunda posição é mais eficaz para mulheres, pelo fato desta posição promover uma maior força de preensão para as voluntárias (FERNANDES *et al.*, 2003).

AVALIAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA

A avaliação eletromiográfica foi realizada no mesmo momento da avaliação de força, durante a tarefa de isometria máxima de 30 segundos. Foi utilizado o eletrômiógrafo DSY- DS-T01-8 da marca Delsys, com 4 sensores comuns e 1 mini sensor de EMG. As coletas foram realizadas nos músculos extensores radial e ulnar do carpo, flexores superficiais e profundos dos dedos e no primeiro interósseo dorsal.

O preparo da pele seguiu as determinações do protocolo SENIAM (*Surface Electromyography for the Non-invasive Assessment of Muscles*) (HERMENS *et al.*, 1997) e o protocolo de colocação dos eletrodos foi segundo o *Anatomical Guide for the Electromyographer* (PEROTTO, 2011).

PROCESSAMENTO DE SINAIS

Para avaliar o comportamento da força de preensão palmar e de pinça, no momento inicial da isometria, foi coletado o valor máximo de força obtido nos primeiros 5 segundos, denominado de Pico de força. Para avaliar o comportamento das forças no momento final foi calculada a média dos valores da força obtidos nos últimos 60% da isometria para cada voluntária. Esses valores são informados pelo software de avaliação E-link.

Para avaliar o comportamento em relação à atividade eletromiográfica, foram calculados o RMS (Root Mean Square) e a frequência mediana (FM) em três momentos da isometria: inicial (0 a 10 segundos), intermediário (10 a 20 segundos) e final (20 a 30 segundos).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizada análise descritiva e inferencial com nível de significância de 5%. A normalidade foi testada com o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para analisar a diferença em relação ao Pico e a média dos últimos 60% da preensão palmar e da pinça lateral foi utilizado o teste T pareado. Para analisar a diferença entre os momentos inicial e final para o RMS e a frequência mediana foi utilizado o teste T pareado para as amostras com distribuição normal e teste de Wilcoxon para amostras com distribuição não normal. O nível de significância adotado foi de $p \leq 0,005$.

RESULTADOS

FORÇA MUSCULAR

Na figura 1 estão apresentados os valores médios e desvios padrões das forças de preensão e pinça lateral, nos momentos inicial e final, da tarefa de contração isométrica máxima mantida por 30 segundos. Pode-se observar que houve redução significativa das forças de preensão e pinça entre os momentos inicial e final.

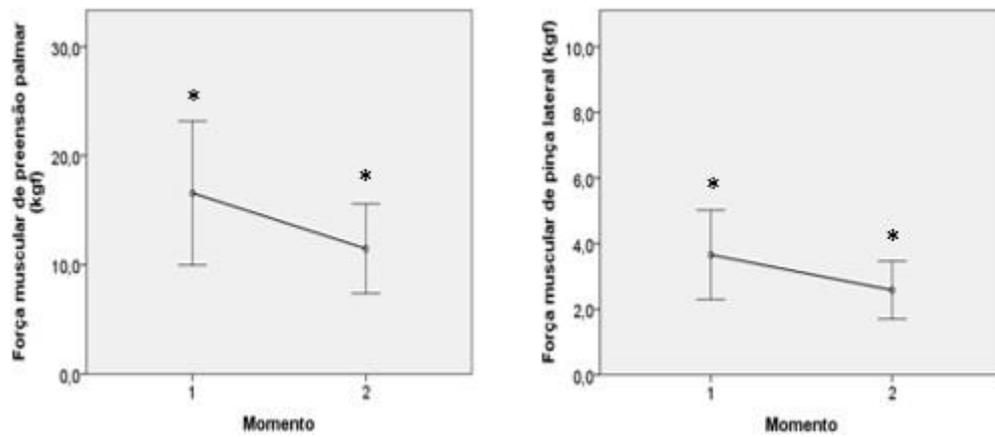


Figura 1: Dados de força de preensão palmar e pinça lateral. A força muscular de preensão palmar no momento inicial foi de $16,57 \pm 6,60$ e no momento final de $11,48 \pm 4,10$; a força de pinça lateral no momento 1 foi de $3,65 \pm 1,36$ e no momento 2 $2,58 \pm 0,88$. * $p \leq 0,05$ (Teste t pareado).

ELETROMIOGRAFIA

Para a tarefa de preensão palmar observa-se um comportamento semelhante de redução da FM ao longo do tempo, para todos os músculos. Em relação ao RMS, não foram encontrados comportamento semelhante. Verifica-se que, para a maioria dos músculos, o aumento foi mínimo. Para a tarefa de pinça não é possível observar um comportamento semelhante tanto para o RMS quanto para a FM.

Os valores médios e desvios padrões da FM e RMS no momento inicial e final, de todos os músculos, nas tarefas isométricas de preensão e pinça, estão apresentados nas tabelas 1 e 2, respectivamente. Houve diminuição significativa da FM para todos os músculos na tarefa de preensão palmar e apenas para o interósseo dorsal na pinça lateral (Tabela 1). Para o RMS, o aumento foi significativo apenas para os músculos flexores

superficiais e profundos dos dedos na pinça lateral (Tabela 2).

Tabela 1: Dados de frequência mediana e RMS da preensão palmar.

<i>Preensão Palmar</i>						
Músculo	Frequência mediana			RMS		
	Momento 1 Média ± DP	Momento 3 Média ± DP	<i>p</i>	Momento 1 Média ± DP	Momento 3 Média ± DP	<i>p</i>
ERC	97,47±17,90	82,10±20,60	0,000*	81,40±39,47	88,83±61,54	0,400
EUC	85,01±17,30	71,83±12,37	0,000*	108,69±56,82	112,97±64,98	0,265
FSD	86,97±15,49	76,23±15,79	0,000*	63,20±40,31	63,73±39,06	0,432
FPD	100,76±18,01	92,59±17,74	0,000*	119,34±73,84	121,90±83,23	0,627
ID	107,78±25,74	94,72±20,32	0,001*	440,53±260,33	427,75±256,30	0,635

Nota: Momento 1 = 0 a 10 segundos; momento 3: 20 a 30 segundos; DP = desvio padrão; ERC = extensor radial do carpo; EUC = extensor ulnar do carpo; FSD = flexor superficial dos dedos; FPD = flexor profundo dos dedos; ID = interósseo dorsal; * $p \leq 0,05$ (Teste t pareado para amostras pareadas e teste de Wilcoxon para amostras não pareadas).

Tabela 2: Dados de frequência mediana e RMS da pinça lateral.

<i>Pinça Lateral</i>						
Músculo	Frequência mediana			RMS		
	Momento 1 Média ± DP	Momento 3 Média ± DP	<i>p</i>	Momento 1 Média ± DP	Momento 3 Média ± DP	<i>p</i>
ERC	101,56±21,67	100,22±19,49	0,263	51,13±27,72	52,23±28,54	0,693
EUC	90,50±22,74	89,84±23,51	0,695	60,06±36,31	65,75±48,68	0,304
FSD	89,59±13,68	85,99±20,12	0,184	23,64±11,21	28,61±14,43	0,002*
FPD	109,68±27,48	112,97±29,31	0,349	20,50±15,80	23,04±16,13	0,043*
ID	122,06±31,53	110,83±27,74	0,001*	352,37±206,12	313,57±163,80	0,102

Nota: Momento 1 = 0 a 10 segundos; momento 3: 20 a 30 segundos; DP = desvio padrão; ERC = extensor radial do carpo; EUC = extensor ulnar do carpo; FSD = flexor superficial dos dedos; FPD = flexor profundo dos dedos; ID = interósseo dorsal; * $p \leq 0,05$ (Teste t pareado para amostras pareadas e teste de Wilcoxon para amostras não pareadas).

DISCUSSÃO

Esse estudo teve como objetivo avaliar os sinais de fadiga muscular, por meio do comportamento da força, do RMS e da frequência mediana durante a realização de tarefas isométricas de preensão palmar e pinça lateral. Observou-se comportamento semelhante na variável força, tanto para a preensão e pinça, com redução significativa no momento final em relação ao inicial. Considerando as variáveis eletromiográficas, o comportamento foi semelhante com redução significativa apenas para a FM, na tarefa da preensão palmar para todos os músculos avaliados.

Sabe-se que fadiga muscular gera mudanças na força (ENOKA *et al.*, 1992; WHITE *et al.*, 2013) e no sinal eletromiográfico (ENOKA *et al.*, 1992; LINDSTROM; KADEFORS; PETERSÉN, 1977). Alguns estudos mostram que, com a fadiga, há a diminuição da frequência mediana e aumento do RMS nos músculos dos membros superiores (COBB; FORBES, 1923; COWLEY; DINGWELL; GATES, 2014; WANG *et al.*, 2014) e nos membros inferiores (MERLETTI; KNAFLITZ; DE LUCA, 1984). Entretanto Wang *et al.*, 2018 realizaram a avaliação nos membros inferiores e relatam resultados inconclusivos para o RMS e a frequência mediana como indicador de fadiga (WANG *et al.*, 2018).

As forças de preensão palmar e pinça lateral diminuíram significativamente durante a isometria quando comparados os dois momentos da contração. Um declínio na força também foi encontrado no estudo de White *et al.*, 2013, que utilizou um protocolo com doze contrações de preensão palmar, mostrando uma diferença significativa nas forças das três últimas contrações em relação às três primeiras (WHITE *et al.*, 2013). A contração isométrica e movimentos repetidos, usados em ambos estudos, podem induzir a fadiga (NADERI *et al.*, 2020), levando a perda de força muscular (ENOKA *et al.*, 1992).

Todos os músculos avaliados pela eletromiografia durante a preensão palmar, e quase todos na pinça lateral, diminuíram a frequência mediana durante a contração sustentada, sendo que essa redução foi significativa para todos os músculos na tarefa da preensão e apenas para interósseo dorsal na tarefa da pinça. Estudos mostram que a diminuição da frequência mediana é sinal da ocorrência de fadiga muscular (COBB; FORBES, 1923; COWLEY; DINGWELL; GATES, 2014; MERLETTI; KNAFLITZ; DE LUCA, 1984). A avaliação da queda da frequência mediana é um meio não invasivo de

monitorar o processo de fadiga (KUPA *et al.*, 1995).

O RMS aumentou em todos os músculos, com exceção do interósseo dorsal nas duas tarefas. Entretanto, esse aumento só foi significativo para os flexores superficiais e profundos dos dedos na pinça lateral. De acordo com alguns autores, o aumento do RMS durante a tarefa, também é sinal de fadiga (COBB; FORBES, 1923; MERLETTI; KNAFLITZ; DE LUCA, 1984). O RMS é um parâmetro normalmente utilizado, pois reflete o recrutamento de unidades motoras do músculo (WATANABE *et al.*, 2018).

CONCLUSÃO

Podemos concluir que a tarefa isométrica gerou perda de força muscular de preensão palmar e pinça lateral e adaptações na ativação muscular, mostrando sinais de fadiga ao longo do tempo para a preensão palmar. Foram observados sinais de fadiga por meio da diminuição nos valores da frequência mediana, de todos os músculos avaliados, na tarefa de preensão palmar.

REFERÊNCIA

- ADAMOVICH, Sergei V. *et al.* Sensorimotor training in VR: A review. *Neuro Rehabilitation*, v. 25, n. 1, p. 1–21, 2009.
- ADAMSON, G T. CIRCUIT TRAINING. *Ergonomics*, v. 2, n. January, p. 183–186, 1956.
- BALTACI, Gul *et al.* Comparison between Nintendo Wii Fit and conventional rehabilitation on functional performance outcomes after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: Prospective, randomized, controlled, double-blind clinical trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, v. 21, n. 4, p. 880–887, 2013.
- BIOMETRICS LTD. *Hand Grip Dynamometer & Pinchmeter For Upper Extremity Therapy*. [S.l.]: Biometrics. Disponível em: <<https://biometricsltd.com/hand-kit.htm>>. , 2020
- BLOMKVIST, A. W. *et al.* Isometric hand grip strength measured by the Nintendo Wii Balance Board - A reliable new method Rehabilitation, physical therapy and occupational health. *BMC Musculoskeletal Disorders*, v. 17, n. 1, p. 1–7, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12891-016-0907-0>>.
- COBB, Stanley; FORBES, Alexander. Electromyographic stanley. *Journal of Physiology- Legacy Content*, v. 65, n. 2, p. 234–251, 1923.
- COMMUNICATIONS, Special. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 41, n. 3, p. 687–708, 2009.
- COWLEY, Jeffrey C; DINGWELL, Jonathan B; GATES, Deanna H. Effects of local and widespread muscle fatigue on movement timing. *Experimental Brain Research*, v. 232, n. 12, p. 3939–3948, 2014.
- DEL CORRAL, Tamara *et al.* Effectiveness of a home-based active video game programme in young cystic fibrosis patients. *Respiration, Videogame e fibrose cística*, v. 95, n. 2, p. 87– 97, 2018.
- DESROSIERS, Johanne; BRAVO, Gina; HÉBERT, Réjean. Isometric grip endurance of healthy elderly men and women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, v. 24, n. 1, p. 75– 85, 1997.
- ENOKA, Roger M *et al.* Neurobiology of muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology*, v. 72, n. 5, p. 1631–1648, 1992.
- FERNANDES, L.F.R.M. *et al.* Comparison of two protocols for increasing grip strength. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 7(1), n. 17–23, p. 1–2, 2003.
- FESS, Elaine Ewing; MORAN, Christine A. *Clinical Assessment Recommendations*. [S.l.]: American Society of Hand Therapists, 1981.

FICKLSCHERER, Andreas *et al.* Testing the feasibility and safety of the Nintendo Wii gaming console in orthopedic rehabilitation: A pilot randomized controlled study. *Archives of Medical Science*, v. 12, n. 6, p. 1273–1278, 2016.

FISH, David E *et al.* Optimal Resistance Training. n. December, p. 903–909, 2003.

FORMAN, Davis A. *et al.* The influence of simultaneous handgrip and wrist force on forearm muscle activity. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 45, n. February, p. 53–60, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2019.02.004>.

GARCIA-HERNANDEZ, Nadia; GARZA-MARTINEZ, Karen; PARRA-VEGA, Vicente. Electromyography biofeedback exergames to enhance grip strength and motivation. *Games for Health Journal*, v. 7, n. 1, p. 75–82, 2018.

GERODIMOS, Vassilis *et al.* Static and Dynamic Handgrip Strength Endurance: Test-Retest Reproducibility. *Journal of Hand Surgery*, v. 42, n. 3, p. e175–e184, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2016.12.014>.

HERMENS, Hermie J. *et al.* European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy. *Roessingh Research and Development*, p. 8–11, 1997.

HERNÁNDEZ, Hamilton A. *et al.* Force resistance training in hand grasp and arm therapy: Feasibility of a low-cost videogame controller. *Games for Health Journal*, v. 7, n. 4, p. 277–287, 2018.

JANG, Myung Hun *et al.* Validity and Reliability of the Newly Developed Surface Electromyography Device for Measuring Muscle Activity during Voluntary Isometric Contraction. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, v. 2018, 2018.

JOHANSSON, Charity A N N; KENT, Barbara E; SHEPARD, Katherine F. Relationship Between Verbal Command Volume and Magnitude of Muscle Contraction. *Physical Therapy*, v. 63, n. 8, p. 1260–1265, 1983.

KARLSSON, Stefan; GERDLE, Björn. Mean frequency and signal amplitude of the surface EMG of the quadriceps muscles increase with increasing torque - A study using the continuous wavelet transform. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 11, n. 2, p. 131–140, 2001.

KRAEMER, William J. *et al.* Understanding the Science of Resistance Training: An Evolutionary Perspective. *Sports Medicine*, v. 47, n. 12, p. 2415–2435, 2017.

KUPA, E. J. *et al.* Effects of muscle fiber type and size on EMG median frequency and conduction velocity. *Journal of Applied Physiology*, v. 79, n. 1, p. 23–32, 1995.

LANGE, Belinda *et al.* Development of an interactive game-based rehabilitation tool for dynamic balance training. *Topics in Stroke Rehabilitation*, v. 17, n. 5, p. 345–352, 2010.

LINDSTROM, Lars; KADEFORS, Roland; PETERSÉN, Ingemar. An electromyographic index localized muscle fatigue for. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, v. 43, n. 4, p. 750–4, 1977.

MERLETTI, Roberto; KNAFLITZ, Marco; DE LUCA, Carlo J. Myoelectric manifestations of fatigue in voluntary and electrically elicited contractions. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, v. 11, p. 251–279, 1984.

NADERI, Sasan *et al.* A Comparative Study on the Effects of Functional and Non-Functional Fatigue Protocols on Dynamic Balance of Amateur Basketball Players. *Journal of Sport Biomechanics*, FAdiga Artigo Antônio, n. July, p. 168–177, 2020.

PAULUCIO, Dailson *et al.* Comparison of DeLorme with Oxford resistance training techniques : Effects of training on muscle damage. n. June, 2010.

PEROTTO, Aldo O. *Anatomical Guide for the Electromyographer The limbs and Trunk*. 5. ed. [S.l.]: Charles C Thomas, 2011.

PUNT, I. M. *et al.* Wii Fit™ exercise therapy for the rehabilitation of ankle sprains: Its effect compared with physical therapy or no functional exercises at all. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, v. 26, n. 7, p. 816–823, 2016.

RIZZO, John Ross *et al.* Structured Wii protocol for rehabilitation of shoulder impingement syndrome: A pilot study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, v. 60, n. 6, p. 363– 370, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rehab.2016.10.004>>.

ROSENTHAL, James A. Qualitative descriptors of strength of association and effect size. *Journal of Social Service Research*, v. 21, n. 4, p. 37–59, 1996.

ROSTAMI, Hamid Reza *et al.* Effects of modified constraint-induced movement therapy in virtual environment on upper-limb function in children with spastic hemiparetic cerebral palsy: A randomised controlled trial. *NeuroRehabilitation*, v. 31, n. 4, p. 357–365, 2012.

TODD, J Anice S; SHURLEY, J Ason P; TODD, Terry C. Thomas I. Delorme and the science of progressive resistance exercise. v. 26, n. 11, p. 2913–2923, 2012.

VUGTS, Miel Ap *et al.* Serious Gaming During Multidisciplinary Rehabilitation for Patients With Chronic Pain or Fatigue Symptoms: Mixed Methods Design of a Realist Process Evaluation. *Journal of medical Internet research*, v. 22, n. 3, p. e14766, 2020.

WACHTER, Nikolaus Johannes *et al.* Quantification of hand function by power grip and pinch strength force measurements in ulnar nerve lesion simulated by ulnar nerve block. *Journal of Hand Therapy*, v. 31, n. 4, p. 524–529, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jht.2017.05.016>>.

WALLSTRÖM, Åsa; NORDENSKIÖLD, Ulla. Assessing hand grip endurance with repetitive maximal isometric contractions. *Journal of Hand Therapy*, v. 14, n. 4, p. 279–285, 2001.

WANG, Lejun *et al.* A Comparative Study of EMG Indices in Muscle Fatigue Evaluation Based on Grey Relational Analysis during All-Out Cycling Exercise. *BioMed Research International*, v. 2018, 2018.

WANG, Lejun *et al.* Fatigue-related electromyographic coherence and phase synchronization analysis between antagonistic elbow muscles. *Experimental Brain Research*, v. 233, n. 3, p. 971–982, 2014.

WATANABE, Kohei *et al.* Relationships between muscle strength and multi-channel surface EMG parameters in eighty-eight elderly. *European Review of Aging and Physical Activity*, v. 15, n. 1, p. 1–10, 2018.

WHITE, Ciara *et al.* Handgrip and quadriceps muscle endurance testing in young adults. *SpringerPlus*, Artigo para fadiga força muscular preensão palmar, v. 2, n. 1, p. 1–8, 2013.

ZAGO, Najara Nader *et al.* Serious games therapy associated with conventional physical therapy intervention accelerated hand muscles strengthening and hand functioning after complex fracture of the wrist: A case report. *Journal of Hand Therapy*, p. 1–6, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jht.2018.11.003>>.

ZINOVIEFF, A. N. 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.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os protocolos com carga crescente e decrescente foram eficazes para ganho de força muscular da mão. Os serious games podem ser usados como forma alternativa ou complementar para fortalecimento dos músculos da mão. As tarefas de isometria de preensão palmar e pinça lateral geraram mudanças na força e ativação muscular dos músculos do punho e mão, principalmente na queda de força muscular e a diminuição da frequência mediana na avaliação pela eletromiografia.

REFERÊNCIAS

- ADAMOVICH, Sergei V. *et al.* Sensorimotor training in VR: A review. *Neuro Rehabilitation*, v. 25, n. 1, p. 1–21, 2009.
- BALTACI, Gul *et al.* Comparison between Nintendo Wii Fit and conventional rehabilitation on functional performance outcomes after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: Prospective, randomized, controlled, double-blind clinical trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, v. 21, n. 4, p. 880–887, 2013.
- BIOMETRICS LTD. *Hand Grip Dynamometer & Pinchmeter For Upper Extremity Therapy*. [S.l.]: Biometrics. Disponível em: <<https://biometricsltd.com/hand-kit.htm>>. , 2020
- COBB, Stanley; FORBES, Alexander. Electromyographic stanley. *Journal of Physiology-Legacy Content*, v. 65, n. 2, p. 234–251, 1923.
- COMMUNICATIONS, Special. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 41, n. 3, p. 687–708, 2009.
- COWLEY, Jeffrey C; DINGWELL, Jonathan B; GATES, Deanna H. Effects of local and widespread muscle fatigue on movement timing. *Experimental Brain Research*, v. 232, n. 12, p. 3939–3948, 2014.
- DEL CORRAL, Tamara *et al.* Effectiveness of a home-based active video game programme in young cystic fibrosis patients. *Respiration, Videogame e fibrose cística*, v. 95, n. 2, p. 87–97, 2018.
- FESS, Elaine Ewing; MORAN, Christine A. *Clinical Assessment Recommendations*. [S.l.]: American Society of Hand Therapists, 1981.
- FICKLSCHERER, Andreas *et al.* Testing the feasibility and safety of the Nintendo Wii gaming console in orthopedic rehabilitation: A pilot randomized controlled study. *Archives of Medical Science*, v. 12, n. 6, p. 1273–1278, 2016.
- FISH, David E *et al.* Optimal Resistance Training. n. December, p. 903–909, 2003.
- FORMAN, Davis A. *et al.* The influence of simultaneous handgrip and wrist force on forearm muscle activity. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 45, n. February, p. 53–60, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2019.02.004>>.
- GARCIA-HERNANDEZ, Nadia; GARZA-MARTINEZ, Karen; PARRA-VEGA, Vicente. Electromyography biofeedback exergames to enhance grip strength and motivation. *Games for Health Journal*, v. 7, n. 1, p. 75–82, 2018.
- HERMENS, Hermie J. *et al.* European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy. *Roessingh Research and Development*, p. 8–11, 1997.
- HERNÁNDEZ, Hamilton A. *et al.* Force resistance training in hand grasp and arm therapy: Feasibility of a low-cost videogame controller. *Games for Health Journal*, v. 7, n. 4, p. 277–287, 2018.
- JANG, Myung Hun *et al.* Validity and Reliability of the Newly Developed Surface

Electromyography Device for Measuring Muscle Activity during Voluntary Isometric Contraction. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, v. 2018, 2018.

KRAEMER, William J. *et al.* Understanding the Science of Resistance Training: An Evolutionary Perspective. *Sports Medicine*, v. 47, n. 12, p. 2415–2435, 2017.

LANGE, Belinda *et al.* Development of an interactive game-based rehabilitation tool for dynamic balance training. *Topics in Stroke Rehabilitation*, v. 17, n. 5, p. 345–352, 2010.

LEWIS, Gwyn N.; ROSIE, Juliet A. Virtual reality games for movement rehabilitation in neurological conditions: How do we meet the needs and expectations of the users. *Disability and Rehabilitation*, v. 34, n. 22, p. 1880–1886, 2012.

NADERI, Sasan *et al.* A Comparative Study on the Effects of Functional and Non-Functional Fatigue Protocols on Dynamic Balance of Amateur Basketball Players. *Journal of Sport Biomechanics*, FAdiga Artigo Antônio, n. July, p. 168–177, 2020.

PAULUCIO, Dailson *et al.* Comparison of DeLorme with Oxford resistance training techniques : Effects of training on muscle damage. n. June, 2010.

PUNT, I. M. *et al.* Wii Fit™ exercise therapy for the rehabilitation of ankle sprains: Its effect compared with physical therapy or no functional exercises at all. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, v. 26, n. 7, p. 816–823, 2016.

ROSENTHAL, James A. Qualitative descriptors of strength of association and effect size. *Journal of Social Service Research*, v. 21, n. 4, p. 37–59, 1996.

ROSTAMI, Hamid Reza *et al.* Effects of modified constraint-induced movement therapy in virtual environment on upper-limb function in children with spastic hemiparetic cerebral palsy: A randomised controlled trial. *NeuroRehabilitation*, v. 31, n. 4, p. 357–365, 2012.

VUGTS, Miel Ap *et al.* Serious Gaming During Multidisciplinary Rehabilitation for Patients With Chronic Pain or Fatigue Symptoms: Mixed Methods Design of a Realist Process Evaluation. *Journal of medical Internet research*, v. 22, n. 3, p. e14766, 2020.

WACHTER, Nikolaus Johannes *et al.* Quantification of hand function by power grip and pinch strength force measurements in ulnar nerve lesion simulated by ulnar nerve block. *Journal of Hand Therapy*, v. 31, n. 4, p. 524–529, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jht.2017.05.016>>.

WANG, Lejun *et al.* Fatigue-related electromyographic coherence and phase synchronization analysis between antagonistic elbow muscles. *Experimental Brain Research*, v. 233, n. 3, p. 971–982, 2014.

WATANABE, Kohei *et al.* Relationships between muscle strength and multi-channel surface EMG parameters in eighty-eight elderly. *European Review of Aging and Physical Activity*, v. 15, n. 1, p. 1–10, 2018.

ZAGO, Najara Nader *et al.* Serious games therapy associated with conventional physical therapy intervention accelerated hand muscles strengthening and hand functioning after complex fracture of the wrist: A case report. *Journal of Hand Therapy*, p. 1–6, 2019.

ANEXO

Artigo “*Effects of serious games in strength and functionality of patients with ulnar nerve lesion: two single-case reports*” apresentado na qualificação e publicado na revista International Journal of Rehabilitation Research.

Copyright © 2020 Wolters Kluwer Health, Inc. Unauthorized reproduction of this article is prohibited.

Table 1 General goals and structured and user-centered physiotherapeutic protocol for each phase

Goals	Structured and user-centered physiotherapeutic protocol
Initial phase ^a (with protective dorsal cast)	
Protecting the surgical repair site (nerves and tendons)	Protective dorsal cast with the wrist blocked in 20–30 degrees of flexion.
Encouraging active movement of noninvolved joints	Free exercises of noninvolved joints (shoulder, elbow, and forearm); three series of 10 repetitions three times daily.
Preventing or managing edema	Overhead elevation; active movement of noninvolved joints and compression wraps (if necessary).
Protecting areas where sensibility was low or absent.	Guidance on limb care: The patient was advised to avoid contact with hot surfaces or sharp objects.
Activating and maintaining the hand map in the cortex.	Graded motor imagery technique (laterality left/right discrimination, explicit motor imagery and Mirror therapy). For the Mirror therapy, 15-min mirror box therapy using objects with different textures on the healthy hand. Hand active exercises were normally performed in phase 2, but they can be done on a healthy hand if they do not cause discomfort on the injured hand.
Intermediate phase ^a (without protective dorsal cast)	
Increasing active movement amplitude of involved joints and maintaining active movement of noninvolved joints	Thermotherapy (whirlpool) for 20 min; Exercises: (a) active exercises of the wrist, metacarpophalangeal and the proximal/distal interphalangeal joints; (b) active or active-assisted tenodesis; (c) tendon and nerve gliding and (d) stretching, passive and active exercises of noninvolved joints
Improving cortical reorganization and enhancing sensorimotor control	Mirror therapy: 15-min mirror box therapy involving specific exercises for the ulnar nerve lesion and using objects with different textures for sensibilization. Practice grasping and manipulating objects of various shapes, sizes and textures. After the cast removal, this procedure was performed bilaterally.
Stimulating Sensory Recovery	Sensory re-education was initiated when there was some protective sensibility in the fingertips and when the patient was able to identify the touch localization. The patients were encouraged to identify objects of different sizes, textures and shapes with and without the vision aid. Hyperesthesia is common in the regeneration phase and in these cases the desensitization should precede sensory re-education.
Preventing skin scar adherence and scar remodelling	We used massage, ultrasound and application of soft putty silicone at night.
Function recovery with appropriate joints positioning	Use of splint to claw hand deformity. Practice grip and daily life activity tasks.
Final phase (strengthening ^b protocol with serious game)	
Maintain muscle stretching	Stretching of the flexors and extensors of wrist and hand at the beginning and end of each session.
Strengthening of Abductor Minimi	Contraction Isotonic Equipment: Myo-EX (electromyography) Game: Match Colors Strengthening Protocol ^c : 1 series (game) of 10 repetition with 75%; 1 series (game) of 10 repetition with 50%; 1 series (game) of 10 repetition with 25% of the maximum load
Strengthening of intrinsic and extrinsic of the hand	Contraction Isometric Equipment: H500 hand grip Game: Package Man Strengthening Protocol ^c : 1 series (game) of 10 repetition with 75%; 1 series (game) of 10 repetition with 50%; 1 series (game) of 10 repetition with 25% of the maximum load
Strengthening of Adductor Pollicis (lateral pinch)	Contraction Isometric Equipment: H500 hand grip Game: Monkeys Strengthening Protocol ^c : 1 series (game) of 10 repetition with 75%; 1 series (game) of 10 repetition with 50%; 1 series (game) of 10 repetition with 25% of the maximum load
Strengthening of Lumbrical and Interosseous (tripod pinch)	Contraction Isometric Equipment: H500 hand grip Game: Skateboard Strengthening Protocol ^c : 1 series (game) of 10 repetition with 75%; 1 series (game) of 10 repetition with 50%; 1 series (game) of 10 repetition with 25% of the maximum load

^aThe durations of the first two phases were not fixed and were adapted according to the needs of each individual patient.

^bThe final stage lasted two months, with sessions conducted twice weekly.

^cStrengthening Protocol 3 adapted from Zinovieff (1951), Apud Kraemer *et al.* (2017).

Procedures and measures

Before and after the intervention, personal data, functional and grip and pinch strength assessments were performed. Assessment instruments used were: Rosén and Lundborg Score (Rosén and Lundborg, 2003), disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) (Hudak *et al.*, 1996; Orfale *et al.*, 2005; Cheng *et al.*, 2008) and Brief ICF Core Sets for Hand Conditions (Chang *et al.*, 2018; Zago *et al.*, 2019). Three consecutive measurements of grip and pinches with dynamometers were performed, alternating injured and uninjured sides. These arithmetic mean values were calculated.

Results

Rosen and Lundborg Score

Patient A started with 0.2 in sensory domain, 0.65 in motor domain, 0.83 in pain/discomfort domain. The total Rosen and Lundborg score was 1.68. After the intervention, patient A got 0.4, 0.55 and 1.0 for sensory, motor and pain/discomfort domains respectively. Total score after intervention was 1.95. This patient increased sensory and pain/discomfort domain and final score.

Patient B started with 0.56 in sensory domain, 0.78 in motor domain and 0.83 in pain/discomfort domain. Total

Copyright © 2020 Wolters Kluwer Health, Inc. Unauthorized reproduction of this article is prohibited.

Table 2 Results of International Classification of Functioning, Disability and Health categories of Brief International Classification of Functioning, Disability and Health Core Set for hand Conditions for patients

ICF terminology	Patient A Before After		Patient B Before After	
Products and technology	e1.1	e1.+1	e1.0	e1.0
Support and relationships	e3.0	e3.0	e3.0	e3.0
Services, systems and policies	e5.+1	e5.+1	e5.+1	e5.+2
Emotional functions	b152.3	b152.1	b152.0	b152.0
Touch function	b265.3	b265.1	b265.2	b265.1
Sensory functions related to temperature and other stimuli	b270.3	b270.2	b270.2	b270.1
Sensation of pain	b280.3	b280.1	b280.2	b280.1
Mobility of joint functions	b710.3	b710.1	b710.0	b710.0
Muscle power functions	b730.3	b730.2	b730.3	b730.1
Protective functions of the skin	b810.1	b810.1	b810.2	b810.1
Structure of shoulder region	s720.0	s720.0	s720.1	s720.0
Structure of the upper extremity	s730.3	s730.1	s730.2	s730.1
Carrying out daily routine	d230.3	d230.1	d230.1	d230.1
Lifting and carrying objects	d430.3	d430.2	d430.3	d430.1
Fine hand use	d440.4	d440.1	d440.3	d440.1
Hand and arm use	d445.3	d445.2	d445.3	d445.1
Self-care	d5.3	d5.2	d5.2	d5.1
Domestic life	d6.3	d6.2	d6.2	d6.1
Interpersonal interaction and relationship	d7.0	d7.0	d7.1	d7.0

All items not graded indicate none difficulty according to the ICF Core Sets for Hand Conditions.

Table 3 Grip and pinch values of the two patients

	Uninjured (kg)	Injured before intervention (kg)	Injured after intervention (kg)	% Before	% After	Dif %
Grip strength						
Patient A	24.8	9	11.4	36.3	46	9.7
Patient B	38	13	27	34.2	71	36.8
Pulp to pulp						
Patient A	5.1	2.8	2.6	54.9	50.98	-3.92
Patient B	7.5	2	2.2	26.67	29.33	2.67
Key pinch						
Patient A	6	1.8	1.6	30	26.67	-3.33
Patient B	8	3	3.2	37.5	40	2.5
Tripod pinch						
Patient A	5.2	3	3.3	57.69	63.46	5.77
Patient B	8	3	2.4	37.5	30	-7.5

% After, percentage in relation to the untrained in the pre-intervention evaluation; % Before, percentage in relation to the untrained in the pre-intervention evaluation; Dif %, percentage difference; % after, percentage before.

Rosen and Lundborg score was 2.17. After intervention, score of patient B was 0.64, 0.69 and 0.83 in sensory, motor and pain/discomfort domains, respectively. Total score was 2.16. This patient only increased sensory domain and kept pain/discomfort score.

Disabilities of the arm, shoulder and hand

Patient A increased DASH scores. She started at 16.7% and after intervention got 19.2%. Patient B also increased DASH scores, he started with 11% and after intervention got 13.3%.

International Classification of Functioning, Disability and Health

Data showed the worst punctuation for both patients before intervention on Activities and Participation domain. All items after intervention improved or maintained values. ICF domains and codes can be observed in Table 2.

Grip and pinch strength

Table 3 shows data obtained for grip strength, pulp to pulp pinch, key pinch and tripod pinch. It presents the

values from uninjured and injured side, percentage and the percentage difference between post-intervention and pre-intervention.

Both patients increased grip strength, patient B obtained better results. There was no rule for increasing the force of the pinch. Patient A only improved tripod pinch strength. Patient B improved pulp to pulp and key pinches.

Discussion

This series of cases showed that a training program to improve grip and pinch strength using serious games was applicable for patients with ulnar nerve damage. Both patients obtained a handgrip strength and some pinch strength gain.

There was improvement in sensory and pain/discomfort domains in the Rosén and Lundborg Score assessment. There was not an improvement in motor domain. The pain/discomfort domain showed the highest score and the sensory domain showed the best recovery. According to Szekeres *et al.* (2015), after surgery for nerve repair, motor recovery is not as complete as sensory recovery.

The success of surgical reconstruction cannot be evaluated only by sensory and motor recovery. The impact of nerve damage on functional activities is a key factor in the evaluation (Rosén and Lundborg, 2003; Vordemvenne *et al.*, 2007). Application of the DASH questionnaire in the present study revealed higher values after intervention. In unimanual tasks, the efficiency of upper limb function is influenced by hand dominance (Rajan *et al.*, 2005). This hand is usually chosen to carry out many of the activities of daily living, and therefore has greater strength (Chau *et al.*, 1997). In this study, both patients were right-handed, and both had injured the right side. Rajan *et al.* (2005) reported that the affected dominant hand showed poorer performance in daily activities, compared to the nondominant hand.

ICF core sets for Hand Conditions was used in this study to classify patients throughout their recovery. After intervention, patients showed a recovery of the general conditions, some scores have changed from severe to mild impairment. Function evaluation using ICF codes is good because it gives a common international language to describe elements of structure, body, function, disability and environment (MacDermid and Grewal, 2013). ICF can be a connecting structure between interventions and outcome measures (Cieza *et al.*, 2005).

In the initial evaluation, both patients showed a decreased handgrip strength, all below 60% in relation to the side without injury. The patient with ulnar nerve palsy loses about 40% of strength compared to normative values (Rajan *et al.*, 2005). Patients also underwent a tenorrhaphy, and according to Rogers *et al.* (1990), patients with both lesions have a grip strength in the affected side between 17 and 86% of that without injury side. The handgrip strength is generated by the combination of the extrinsic and intrinsic muscles of the hand, the last one innervated by the ulnar nerve (Wachter *et al.*, 2018), and when injured it changes the muscle strength (Schreuders *et al.*, 2004).

After 16 weeks of training, patient B managed to reach 70% of grip strength in relation to the uninjured side after training. The results for pinch strength was not so effective as for grip strength; however, there was an increase in some pinch strength depending on the patient, reflecting improved function of the intrinsic hand muscles and overall nerve recovery (Szekeres *et al.*, 2015). Even though not both patients have increased pinch strength, it is possible to say that serious games helped strengthen the intrinsic hand musculature. Serious games can be a complement to conventional therapy (Levanon, 2013).

The present study employed the Biometrics E-Link Kit, in which serious games are used exclusively for rehabilitation purposes, to promote increased strength. The grip and pinch dynamometers of the E-Link system can be used for strengthening the intrinsic and extrinsic muscles

of the hand. It is impractical to use dynamometers when the muscle is unable to achieve level 3 force. However, the E-Link system also includes electromyography surface electrodes, with execution of the game proceeding by active muscle contraction without external resistance.

Conclusion

Serious games can be effective to improve hand strength and functionality in patients with ulnar nerve lesion. It had good results for grip strength in this series of cases. Further studies are needed with larger samples of patients to obtain reliable values in relation to the use of serious games to improve hand strength in patients with ulnar nerve lesion.

Acknowledgements

The authors would like to thank the patient of this study. This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001 and Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG – Process nº APQ-02850-11).

Conflicts of interest

There are no conflicts of interest.

References

- Apud Kraemer WJ, Ratamess NA, Flanagan SD, Shurley JP, Todd JS, Todd TC (2017). Understanding the science of resistance training: an evolutionary perspective. *Sports Med* 47:2415–2435.
- Chau N, Pétry D, Bourgard E, Huguenin P, Remy E, André JM (1997). Comparison between estimates of hand volume and hand strengths with sex and age with and without anthropometric data in healthy working people. *Eur J Epidemiol* 13:309–316.
- Chang KWC, Wilson TJ, Popadich M, Brown SH, Chung KC, Yang LJS (2018). Oberlin transfer compared with nerve grafting for improving early supination in neonatal brachial plexus palsy. *J Neurosurg Pediatr* 21:178–184.
- Cheng HM, Sampaio RF, Mancini MC, Fonseca ST, Cotta RM (2008). Disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH): factor analysis of the version adapted to Portuguese/Brazil. *Disabil Rehabil* 30:1901–1909.
- Cieza A, Geyh S, Chatterji S, Kostanjsek N, Ustün B, Stucki G (2005). ICF linking rules: an update based on lessons learned. *J Rehabil Med* 37:212–218.
- De Grande AAB, Galvão de O FR, Gondim, CA (2011). Virtual rehabilitation using video games: a case report of the treatment of a patient with high median and high ulnar nerve lesions. *Acta Fisiátrica* 18:157–162.
- Hoffman HG, Patterson DR, Carrougher GJ (2000). Use of virtual reality for adjunctive treatment of adult burn pain during physical therapy: a controlled study. *Clin J Pain* 16:244–250.
- Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C (1996). Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med* 29:602–608.
- Larson EB, Feigon M, Gagliardo P, Dvorkin AY (2014). Virtual reality and cognitive rehabilitation: a review of current outcome research. *Neurorehabilitation* 34:759–772.
- Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M (2015). Virtual reality for stroke rehabilitation. *333 Cochrane Database Syst Rev* 2:CD008349.
- Levanon Y (2013). The advantages and disadvantages of using high technology in hand rehabilitation. *J Hand Ther* 26:179–183.
- MacDermid JC, Grewal R (2013). Development and validation of the patient-rated ulnar nerve evaluation. *BMC Musculoskelet Disord* 14:146.
- Meijer HA, Graafland M, Goslings JC, Schijven MP (2018). Systematic review on the effects of serious games and wearable technology used in rehabilitation of patients with traumatic bone and soft tissue injuries. *Arch Phys Med Rehabil* 99:1890–1899.
- Milicic C, Sirbu E (2018). A comparative study of rehabilitation therapy in traumatic upper limb peripheral nerve injuries. *Neurorehabilitation* 42:113–119.

Copyright © 2020 Wolters Kluwer Health, Inc. Unauthorized reproduction of this article is prohibited.

- North MM, North SM, Coble JR (1997). Virtual reality therapy: an effective treatment for psychological disorders. *Stud Health Technol Inform* 44:59–70.
- Orfale AG, Araújo PM, Ferraz MB, Natour J (2005). 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* 38:293–302.
- Parry I, Painting L, Bagley A, Kawada J, Molitor F, Sen S, *et al.* (2015). A pilot prospective randomized control trial comparing exercises using videogame therapy to standard physical therapy: 6 months follow-up. *J Burn Care Res* 36:534–544.
- Rajan P, Premkumar R, Rajkumar P, Richard J (2005). The impact of hand dominance and ulnar and median nerve impairment on strength and basic daily activities. *J Hand Ther* 18:40–45.
- Rogers GD, Henshall AL, Sach RP, Wallis KA (1990). Simultaneous laceration of the median and ulnar nerves with flexor tendons at the wrist. *J Hand Surg Am* 15:990–995.
- Rosberg HE, Carlsson KS, Höjgård S, Lindgren B, Lundborg G, Dahlin LB (2005). Injury to the human median and ulnar nerves in the forearm – analysis of costs for treatment and rehabilitation of 69 patients in southern Sweden. *J Hand Surg Edinb Scottl* 30, 35–39.
- Rosén B, Lundborg G (2003). A new model instrument for outcome after nerve repair. *Hand Clin* 19:463–470.
- Rose FD (1996). Virtual reality in rehabilitation following traumatic brain injury. In: Proceedings of the European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technology. Maidenhead, UK. pp.5–12.
- Schreuders TA, Roebroek ME, Jaquet JB, Hovius SE, Stam HJ (2004). Measuring the strength of the intrinsic muscles of the hand in patients with ulnar and median nerve injuries: reliability of the Rotterdam Intrinsic Hand Myometer (RIHM). *J Hand Surg Am* 29:318–324.
- Sveistrup H (2004). Motor rehabilitation using virtual reality. *J Neuroeng Rehabil* 1:10.
- Szekeres M, MacDermid JC, King GJ, Grewal R (2015). The relationship between the Patient-rated Ulnar Nerve Evaluation and the common impairment measures of grip strength, pinch strength, and sensation. *J Hand Ther* 28:39–44; quiz 45.
- Vordemvenne T, Langer M, Ochman S, Raschke M, Schult M (2007). Long-term results after primary microsurgical repair of ulnar and median nerve injuries. A comparison of common scores systems. *Clin Neuro/Neurosurg* 109:263–271.
- Wachter NJ, Mentzel M, Krischak GD, Gülke J (2018). Quantification of hand function by power grip and pinch strength force measurements in ulnar nerve lesion simulated by ulnar nerve block. *J Hand Ther* 31:524–529.
- WHO (2001). *International Classification of Functioning, Disability and Health: ICF*. Geneva: World Health Organization .
- Zago NN, Souza LAPS, Kimura BG, Bertencello D, Grecco MAS, Fernandes LFRM (2019). Serious games therapy associated with conventional physical therapy intervention accelerated hand muscles strengthening and hand functioning after complex fracture of the wrist: a case report. *J. Hand Ther.* 2019;S0894-1130(18)30182-0. doi:10.1016/j.jht.2018.11.003.
- Zinovieff AN (1951). Heavy-resistance exercises the “Oxford technique”. *Br J Phys Med* 14:129–132.

Copyright © 2020 Wolters Kluwer Health, Inc. Unauthorized reproduction of this article is prohibited.