

# A Influência do Uso de Games Sobre o Tempo de Resposta e Função Motora do Membro Superior

## *The Influence of the Use of Games on the Response Time and Motor Function of the Upper Limb*

Aline de C. Rodrigues<sup>1</sup>, Walkíria C. Donizetti<sup>1</sup>, Ricardo da S. Alves<sup>2</sup>, Bruna L. Carlos<sup>1</sup>

**Resumo** | A Gameterapia se refere às tecnologias que combinam exercícios físicos com o uso de videogames<sup>1</sup>. Uma abordagem relativamente recente que permite a prática simulada de tarefas funcionais em uma dosagem mais alta do que as intervenções tradicionais, aumentando a ativação do córtex motor primário, responsável pelo desempenho motor<sup>2,3</sup>, permitindo sua aplicação em indivíduos com disfunções relacionadas ao movimento. **Objetivo:** O objetivo foi analisar e comparar a influência do uso de *games* sobre o tempo de resposta e função motora do membro superior em adultos jovens (18 e 45 anos). **Métodos:** Trata-se de um ensaio clínico, controlado, quantitativo, onde os participantes foram alocados nos Grupo Gameterapia (n=30) e Controle (n=17). A avaliação do tempo de resposta motora foi realizada pelo software *Physioplay*®, em seguida foi analisada a atividade muscular do músculo deltoide através do eletromiógrafo *EMGSystem*®. As intervenções foram realizadas em apenas um atendimento por meio da Gameterapia, com o jogo *Tennis Wii*. Após a repetição das avaliações, os dados foram submetidos às comparações entre os momentos pré e pós-intervenção. **Resultados:** Uma diferença estatisticamente significativa foi obtida no tempo de resposta do Grupo Gameterapia antes e após a intervenção (p = 0,040) e na comparação com o Grupo Controle (p = 0,017). Também foi observada diferença estatisticamente significativa para a análise eletromiográfica do músculo deltoide anterior, na comparação antes e após intervenção (p = 0,038), assim como na comparação intergrupo no momento pré intervenção do musculo deltoide médio (p=0,036). **Conclusão:** A Gameterapia demonstrou eficácia na redução do tempo de resposta motora e melhor padrão de recrutamento muscular do membro superior.

**Palavras-Chave:** Terapia de exposição à realidade virtual, Tempo de Reação, Eletromiografia, Cinesiologia, Fisioterapia.

**Abstract** | Gametherapy refers to technologies that combine physical exercises with the use of video games.<sup>1</sup> A relatively recent approach that allows the simulated practice of functional tasks at a higher dosage than traditional interventions, increasing the activation of the primary motor cortex, responsible for motor performance<sup>2,3</sup>, allowing its application in individuals with movement-related dysfunctions. **Objective:** The aim of this study was to analyze and compare the influence of game use on response time and upper limb motor function in adults. **Methods:** This is a clinical, controlled, quantitative trial, in which the participants were allocated to the Gametherapy Group (n=30) and Control (n=17). The evaluation of the motor response time was performed using the Physioplay® software, then the muscle activity of the deltoid muscle was analyzed using the EMGSystem® electromyograph. The interventions were carried out in only one service through Gametherapy, with the Tennis Wii game. After repeating the assessments, the data were subjected to comparisons between the pre- and post-intervention moments. **Results:** After statistical analysis, there was a statistically significant difference in the response time of the Gametherapy Group before and after the intervention ( $p = 0.040$ ) and in comparison with the Control Group ( $p = 0.017$ ). A statistically significant difference was also observed for the electromyographic analysis of the anterior deltoid muscle, in the comparison before and after the intervention ( $p = 0.038$ ), and in the intergroup comparison at the moment before the intervention of the middle deltoid muscle ( $p = 0.036$ ). **Conclusion:** Gametherapy demonstrated effectiveness in reducing motor response time and a better pattern of muscle recruitment in the upper limb.

**Key Words:** Virtual Reality Exposure Therapy, Reaction Time, Electromyography, Kinesiology, Physiotherapy.

**Correspondência para:** Aline de Cássia Rodrigues (alinerodrigues.00@hotmail.com) e Walkíria Cristina Donizetti (walkiria\_cristina@outlook.com)

<sup>1</sup>Curso de Fisioterapia - Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS), Pouso Alegre (MG), Brasil

<sup>2</sup>Curso de Fisioterapia – Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), Alfenas (MG), Brasil

## INTRODUÇÃO

O processo de adesão na fisioterapia é um evento associado em grande parte ao paciente, peça fundamental na reabilitação. O paciente deve ser um agente ativo desse processo, desejando alcançar e buscar a melhora e reabilitação das funções perdidas ou prejudicadas pelo adoecimento.<sup>4</sup>

Cada vez mais, tem-se falado em tratamentos que permitam um maior engajamento do paciente, ou seja, terapias mais atrativas e motivantes, fazendo com que o paciente tenha interesse em oferecer o melhor para seu tratamento. Tendo isso em vista, há terapias que buscam envolver o paciente ou tornar os exercícios mais semelhantes aos movimentos funcionais e realizados em atividades diárias, em busca de melhores resultados, tais como a realidade virtual (RV), a partir da Gameterapia.

A Gameterapia, refere-se às tecnologias que combinam exercícios físicos com o uso de videogames. Essas ferramentas convertem os movimentos reais para o ambiente virtual.<sup>1</sup> Weiss *et al* (2006),<sup>5</sup> definiu realidade virtual como "uso de simulações interativas criadas com *hardware e software* de computador para apresentar aos usuários oportunidades de se envolver em ambientes que parecem semelhantes a objetos e eventos do mundo real".

A reabilitação com uso de RV é uma abordagem relativamente recente que pode permitir a prática simulada de tarefas funcionais em uma dosagem mais alta do que as intervenções tradicionais.<sup>2</sup> Um paciente pode atingir uma taxa de aproximadamente 50 movimentos ativos por hora em uma terapia tradicional, mas por outro lado, o videogame controlado por movimentos mostrou produzir taxas horárias de aproximadamente 300

movimentos ativos. Isso se dá pelo fato de serem divertidos e empregarem táticas de gamificação com objetivos definidos, *feedback* imediato e recompensas que enganam o cérebro a querer jogar mais.<sup>6</sup>

As intervenções com gameterapia são mais atrativas do que as abordagens tradicionais e, portanto, podem ser mais eficientes no desenvolvimento da motivação para a atividade física e no auxílio à aquisição de habilidades motoras.<sup>1</sup> Além disso, a RV pode ser vantajosa por oferecer diversos recursos, como tarefas orientadas a objetivos e repetição, que se mostram importantes no contexto da reabilitação.<sup>2</sup>

Levando-se em consideração os efeitos da gameterapia, podemos perceber que é uma estratégia capaz de melhorar o desempenho motor por meio da aprendizagem motora. O aprendizado motor é a mudança relativamente permanente na capacidade de realizar uma habilidade como resultado de prática ou experiência. O desempenho, por sua vez, é a maneira com que uma função motora é apresentada e executada, e para que esse seja o melhor possível é necessário otimizar a capacidade de realizar a habilidade na taxa de sucesso, precisão e reduzir o consumo de energia.<sup>7</sup>

Podemos mensurar a melhora no desempenho motor através da avaliação de aspectos relacionados ao tempo de resposta motora (TR) e função motora. A prática contínua de uma função motora específica resultará em um desempenho muito melhorado.<sup>7</sup> Já o TR é o intervalo de tempo entre o surgimento de um estímulo e o início de uma resposta motora. Estudos mostraram que o TR depende de vários fatores, incluindo a natureza, duração e intensidade do estímulo, a taxa de transmissão aferente e eferente do influxo nervoso, o tempo de processamento

dependente da complexidade da tarefa, o tamanho do grupo muscular ou segmento que realiza a tarefa.<sup>8</sup> Durante este período, uma série de processos permite ao cérebro perceber o ambiente circundante, identificar um determinado objeto de interesse, determinar a ação necessária em resposta a esse objeto e emitir um comando motor para implementar a ação desejada.<sup>9,10</sup>

Apesar da Gameterapia parecer ser eficaz na melhora do controle motor, devido aos seus benefícios, pouco se sabe sobre quais são seus reais efeitos sobre o TR e o desempenho de funções motoras específicas como as realizadas pelos braços e mãos.<sup>11</sup>

Nesse contexto, torna-se importante estratégias para melhorar a função e TR dos membros superiores, a fim de proporcionar uma independência funcional e, conseqüentemente, uma melhor qualidade de vida aos pacientes, tendo em vista que as terapias de reabilitação tradicional podem ser repetitivas, reduzindo a motivação e a adesão ao tratamento. Portanto, o objetivo do presente estudo foi analisar a influência da gameterapia sobre a TR e atividade muscular do membro superior em adultos jovens.

## **METODOLOGIA**

O presente estudo trata-se de um ensaio clínico, controlado, quantitativo e transversal realizado entre outubro de 2021 a novembro de 2022 no Laboratório de Motricidade Humana da Universidade do Vale do Sapucaí. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Sapucaí, parecer número 5.167.588. Além disso, todos os voluntários que passaram pelos critérios de inclusão foram informados sobre os procedimentos realizados no estudo e, após concordarem em participar, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

## **Participantes**

A pesquisa foi composta por participantes de ambos os gêneros, residentes no município de Pouso Alegre e região. Os critérios de participação incluíram indivíduos com idade entre 18 e 45 anos, os quais apresentaram amplitude de movimento e força muscular preservados. Já os critérios de exclusão para este estudo incluíram os participantes que apresentaram dificuldades de compreensão quanto aos instrumentos de avaliação e de intervenção a que foram submetidos, aqueles que apresentaram comprometimentos de movimentos de membros superiores, membros inferiores e/ou tronco, pós cirúrgicos, portadores de doenças infectocontagiosas, portadores de miopatias, doenças com alteração reconhecido do colágeno, comprometimentos neurológicos, comprometimentos musculoesqueléticos, assim como aqueles que apresentaram contraindicações absolutas ao exercício. Nessa etapa, todos os participantes foram convidados pessoalmente e após aceito foi encaminhado um questionário via Forms.

Os participantes selecionados foram alocados em dois grupos, o Grupo Gameterapia (GG), com 30 participantes que realizaram intervenção com uso do jogo *Tennis Wii*, e o Grupo Controle (GC), com 17 participantes, o qual não realizou nenhuma intervenção.

## **Avaliação**

Todos os participantes foram avaliados por meio da análise do TR e da atividade muscular de deltoide. As avaliações foram repetidas ao término da intervenção ou após 30 minutos de repouso, no caso do GC.

Para avaliação do TR do ombro foi utilizado o dispositivo sensor *Kinect* (*Microsoft*, USA) associado ao software

Physioplay®.<sup>12</sup> As análises do TR do ombro foram realizadas de modo unilateral com o membro dominante e utilizou do movimento de flexão (Figura 1). O procedimento de obtenção do TR também seguiu as padronizações descritas por Monjo e Forestier (2017).<sup>13</sup> Cada movimento foi executado três vezes consecutivas por um período de 30 segundos e com intervalo de um minuto entre as avaliações. Foi padronizado a obtenção do intervalo de ângulo de 15°, 30°, 45°, 75° e 90° para flexão.



**Figura 1.** Análise do TR utilizando movimento de flexão de membro dominante

Para avaliação da atividade muscular foi realizada eletromiografia (EMG) do músculo deltoide anterior, médio e posterior utilizando o eletromiógrafo EMG System, modelo 800c (EMG System do Brasil, São José dos Campos, SP). O parâmetro de análise do registro eletromiográfico dos músculos avaliados foi dado em *Root Mean Square* (RMS). O posicionamento dos eletrodos seguiu as normas estabelecidas pela SENIAM.<sup>14</sup> A Figura 2 corresponde ao procedimento de colocação dos eletrodos nos músculos deltoide anterior (DA), deltoide médio (DM) e deltoide posterior (DP) do membro dominante do participante.

Foram realizados três registros do sinal com dez segundos de duração cada coleta, com intervalo de um minuto entre elas, nas seguintes condições: participante em sedestação, com adução, rotação interna e flexão de ombro, com punho cerrado posicionado sobre a coxa do membro inferior oposto, com cotovelo em extensão. Foi solicitado ao mesmo que realizasse o movimento de abdução, rotação externa e total flexão e ombro com o membro dominante, posicionando o membro acima da cabeça, com cotovelo estendido e palma da mão voltada para frente, denominado diagonal 1 (D1).

Após foram realizados o procedimento de coleta com o membro superior ao lado do tronco, com abdução, rotação externa e total flexão de ombro, com cotovelo em extensão. A partir do comando, o participante foi orientado a realizar o movimento de adução, rotação interna e extensão do ombro, cruzando o membro à frente do tronco, denominado diagonal 2 (D2). A Figura 3 corresponde aos movimentos D1 e D2, os quais foram realizados ao todo três registros eletromiográficos com 10 segundos de duração para cada uma das diagonais, com intervalo de um minuto de descanso entre as repetições.



**Figura 2.** Procedimento de colocação dos eletrodos em DA, DM e DP.



**Figura 3.** A: Movimento de D1; B: Movimento de D2

### Intervenção

Os participantes que fizeram parte do GG e GC realizaram apenas um dia de intervenção com duração de aproximadamente 50 minutos.

Para a intervenção por meio de gameterapia, os atendimentos foram conduzidos no Laboratório de Motricidade Humana, da Universidade do Vale do Sapucaí, campus central, na cidade de Pouso Alegre, Minas Gerais. O atendimento e duração de treino, considerou a individualidade e tolerância de cada indivíduo para a realização da intervenção.<sup>15</sup> Durante o atendimento, a tolerância do exercício foi monitorada por meio da Escala Modificada de Borg, e caso fosse relatado esforço muito intenso (BORG 15), a intervenção seria suspensa.

A Gameterapia ocorreu de modo pré-determinado e todos os voluntários receberam a mesma intervenção e as mesmas orientações prévias sobre o manuseio dos jogos. O jogo definido para todos os participantes foi: *Tennis Wii*, pertencente ao game *Wii Sports* (Figura 4). O jogo consiste em realizar movimentos diagonais do membro superior dominante, sendo similar aos movimentos do tênis (*backhand e forehand*), cujo objetivo é acertar a bola de tênis e jogá-la na quadra adversária. Foram realizadas cinco jogadas do jogo, com o intervalo de um minuto entre as repetições.

O GC não recebeu nenhuma intervenção, ou seja, após o término da avaliação do TR e da análise eletromiográfica do músculo deltoide, permaneceram em repouso por aproximadamente 30 minutos e em seguida foram reavaliados.



**Figura 4.** *Tennis Wii*

### Estatística

Para análise estatística foi utilizado o software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, IBM Corp. Chicago, IL, USA) v. 20.0 para Windows. Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, sendo considerado  $p > 0,05$  como distribuição normal para todas as variáveis. Para as variáveis antropométricas (idade, massa corporal, altura e IMC) foram utilizadas análises de variância (ANOVA *One Way*). Já para a variável gênero, foi utilizado o teste de Qui Quadrado.

Por fim, para comparar as diferenças entre a intervenção no momento (pré e pós) e

entre os grupos (GG e GC), os dados foram submetidos ao procedimento de análise de variância - dois fatores (ANOVA *two-way*) de medidas repetidas, seguido do teste de *Tukey*, caso a amostra apresentasse distribuição normal, caso contrário, os dados seriam submetidos ao teste de *Tukey-Kramer*. Quanto a esfericidade das variáveis, foram submetidas ao teste de *Mauchly*, caso apresentasse violação da esfericidade, os dados foram submetidos ao teste de *Huynh-Feldt*. Para todas as variáveis foi considerado um  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Ao analisar as variáveis antropométricas e sociodemográficas presentes na Tabela 1, foi observada uma homogeneidade entre os grupos em relação à idade, gênero, massa, altura e índice de massa corporal (IMC), ou seja, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos em relação às variáveis de análise.

As comparações intragrupo e intergrupo estão descritas na Figura 5, 6 e 7, a qual mostrou uma diferença estatisticamente significativa na avaliação do TR do GG antes e após a intervenção ( $p = 0,040$ ), assim como na comparação com o GC ( $p = 0,017$ ).

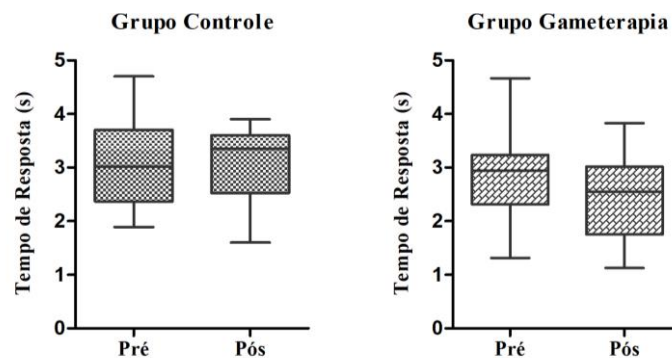
Além disso, foi apresentado uma diferença estatisticamente significativa, na análise eletromiográfica do músculo DA durante a realização da D1, quando comparado o GG antes e após intervenção ( $p = 0,038$ ), tal como, ao confrontar o GG com o GC no momento pré intervenção do músculo DM ( $p=0,036$ ). Por fim, foi observado uma diferença no GC antes e após a análise eletromiográfica de DP em D2 ( $p=0,026$ ).

No entanto, ao observar as análises eletromiográficas de DP em D1, assim como, de DA e DM em D2, não encontrou nenhuma diferença estatisticamente significativa na comparação intergrupo e intragrupo.

**Tabela 1.** Características antropométricas e sociodemográficas dos participantes.

Variáveis	Gameterapia (n = 30)	Controle (n = 17)	Valor p
Idade (anos)	22,000 ± 2,086	25,294 ± 6,292	0,254
Gênero – n (%)	Feminino	11 (64,7)	0,708
	Masculino	9 (30,0)	
Massa (Kg)	68,833 ± 16,760	72,294 ± 16,457	0,406
Altura (m)	1,688 ± 0,098	1,702 ± 0,100	0,657
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	23,920 ± 3,884	24,870 ± 4,920	0,521

Legenda: n: Número de participantes; % porcentagens; Kg: Quilograma; m: Metros; Kg/m<sup>2</sup>: Quilograma por metro quadrado; IMC: Índice de massa corporal.



**Figura 5.** Valores de média e desvio padrão de TR

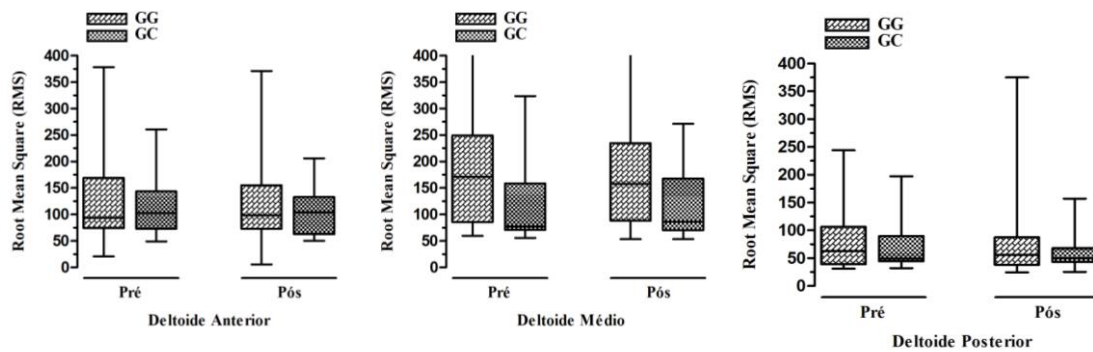


Figura 6. Valores de média e desvio padrão da análise eletromiográfica de D1

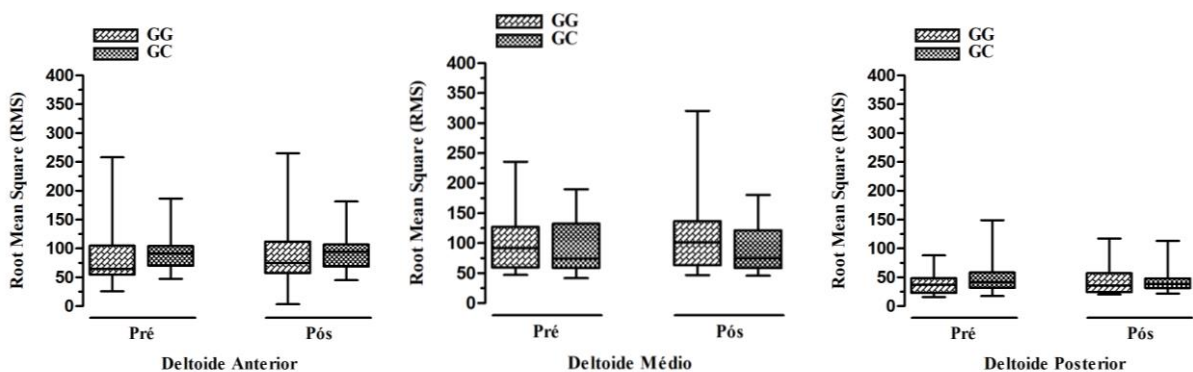


Figura 7. Valores de média e desvio padrão da análise eletromiográfica de D2

## DISCUSSÃO

O paciente deve ser incluído em todas as decisões de seu tratamento, buscando conciliar as experiências clínicas do terapeuta, a melhor evidência científica e suas preferências, permitindo assim uma melhor adesão do paciente ao tratamento.<sup>16</sup> Nesse contexto, a Gameterapia vem se destacando pois proporciona um ambiente sensorial enriquecido com *feedback* visual, auditivo e proprioceptivo durante a realização do exercício, permitindo que o participante se interesse mais pelo exercício, otimizando o aprendizado motor.<sup>17-19</sup>

Os sistemas e jogos de RV criam um ambiente no qual seja possível o aumento da duração, intensidade e frequência dos exercícios, permitindo uma otimização da

aprendizagem motora, o que pode mais tarde levar a alterações de neuroplasticidade. Além do mais, o contato com o ambiente virtual fornecido pela gameterapia tem a capacidade de aumentar a ativação no córtex motor primário, que é responsável pelo desempenho motor. Assim, as intervenções na gameterapia podem produzir mudanças nas interações funcionais corticais, aumentando a ativação das áreas cerebrais específicas responsáveis pelo controle do movimento refletido em um melhor TR.<sup>3,17,19</sup>

Na última década, os *exergames* ganharam força e estão cada vez mais presentes no tratamento de diversas disfunções, pois tais intervenções demonstraram uma melhor adesão dos pacientes ao tratamento e, além disso,



pesquisas neuropsicológicas descobriram que as experiências positivas dos jogos desencadeiam a liberação de hormônios como endorfinas e dopamina estriatal, responsáveis pelas sensações de prazer e bem-estar.<sup>20-23</sup>

O objetivo do estudo foi analisar e comparar o uso de *games* sobre o TR e função motora dos membros superiores (MMSS), para isso o jogo escolhido requeria o uso de movimentos diagonais do membro superior dominante, ou seja, movimentos tridimensionais e mais semelhantes a movimentos funcionais, realizados em atividades de vida diária visto que os MMSS desempenham um papel muito importante para a capacidade e desempenho do indivíduo frente a diversas atividades realizadas no dia a dia, sendo fundamental para a independência funcional. Portanto, as disfunções e distúrbios do movimento que acarretam o comprometimento dos MMSS geram um grande impacto na vida dos pacientes tanto em nível social como familiar.<sup>17</sup>

A dose ideal de atividade, no entanto, permanece desconhecida, o que se sabe é que a dose administrada de intervenção afeta no resultado e existe uma correlação positiva entre a duração do treinamento e as mudanças induzidas pelo treinamento na função do braço e da mão. Sabe-se ainda, que o *exergaming* pode aumentar a intensidade da atividade física e carga de trabalho sem que os jogadores percebam o esforço exercido.<sup>15,19</sup>

Na literatura foram encontrados poucos estudos que analisaram especificamente a função motora e TR dos MMSS, apesar da sua evidente importância para diferentes populações. Os dados encontrados na pesquisa de Hastürk G. (2022)<sup>24</sup> sugerem que o *exergaming* baseado no Kinect apoia positivamente o TR de adultos jovens, reforçando o que foi identificado no presente

estudo, onde foi observada uma redução do TR quando comparado e correlacionado os resultados intragrupo e intergrupos.

O TR vem sendo estudado principalmente em atletas como fator preventivo de lesões espontâneas e mostraram um melhor funcionamento dos processos perceptivos, de tomada de decisão e neuromusculares, devido a sua redução após as intervenções com Gameterapia.<sup>8,25,26</sup>

Tais intervenções também têm-se mostrado eficazes na reabilitação da função do braço e da mão, especialmente para indivíduos com acidente vascular cerebral, esclerose múltipla e crianças com Transtorno do Espectro Autista.<sup>17,19,22,27</sup>

No presente estudo, a seleção do músculo deltoide se deve à sua condição de desempenhar funções nos três planos de movimento, ou seja, as fibras anteriores são responsáveis pela flexão e rotação interna de ombro, as fibras médias realizam o movimento de abdução, enquanto e as fibras posteriores realizam extensão e rotação externa.<sup>28</sup>

Isso sugere que, na execução dos movimentos da D1 onde ambas as fibras estão envolvidas na execução do movimento, o grupo que realizou a intervenção por videogame, pode ter alcançado modificações do comportamento do recrutamento e sincronização da ativação muscular, podendo estar relacionado a uma resposta mais rápida dos músculos do membro dominante à atividade promovida pelo *exergame*. Um fator que pode ter influenciado este resultado é a memória muscular.<sup>29</sup> Tais achados podem ser observados pela redução da diferença do recrutamento entre as porções do músculo deltoide, sendo ainda mais evidente na análise eletromiográfica de DA. Já nos movimentos da D2, houve um aumento dos valores eletromiográficos dos músculos DA e DP,

ainda que sem diferenças significantes, sugerindo que o movimento iniciado acima da cabeça pode gerar maior incremento da ativação muscular, visto que o DA age de modo excêntrico no início do movimento, enquanto o DP age de modo excêntrico durante toda a amplitude de movimento.

Um fator limitante à eficácia da pesquisa, está relacionado com a dose utilizada de intervenção, bem como, o tempo de acompanhamento dos pacientes, impossibilitando a confirmação se a melhora estatisticamente significativa no TR e função motora permanecem a longo prazo, sendo necessário em trabalhos futuros um estudo mais aprofundado, levando ao estabelecimento da dose adequada de intervenção, assim como na possibilidade de replicabilidade em outras populações, tais como, pacientes idosos e/ou pacientes neurológicos, os quais se beneficiariam dos efeitos da Gameterapia.

## CONCLUSÃO

Foi percebida uma resposta positiva na influência da gameterapia sobre a TR e atividade muscular do membro superior em adultos jovens. A intervenção por meio da Gameterapia permitiu demonstrar uma eficácia na redução do TR, bem como, um melhor desempenho motor do membro superior, podendo estar relacionado a aprendizagem motora e um melhor recrutamento de fibras musculares, otimizando o desempenho muscular.

## REFERÊNCIAS

1. Medeiros P, Capistrano R, Zequinão MA, da Silva SA, Silva Beltrame T, Luiz Cardoso FL. Exergames como ferramenta de aquisição e desenvolvimento de habilidades e capacidades motoras: Uma revisão sistemática. *Revista Paulista de Pediatria*. 2017 out-dez.; 35(4): 464-471.

2. Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2017 nov.; 11(11): 1-37.

3. Rutkowski S, Adamczyk M, Pastuła A, Gos E, Luque-Moreno C, Rutkowska A. Training using a commercial immersive virtual reality system on hand-eye coordination and reaction time in young musicians: a pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021 fev.; 18(3): 1297.

4. Subtil MML, Goes DC, Gomes TC, Souza ML. O relacionamento interpessoal e a adesão na fisioterapia. *Fisioterapia em Movimento*. 2011 dez.; 24(4):745–753.

5. Weiss PL, Kizony R, Feintuch U, Rand D, Katz N. Virtual reality in neurorehabilitation. In: Cohen LG, Kwakkel G, Miller RH. *Textbook of Neural Repair and Rehabilitation*. Vol. 2. Cambridge: 2006. p. 182-197.

6. Johansen T, Strøm V, Simic J, Rike P. Effectiveness of training with motion-controlled commercial video games for hand and arm function in people with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020 dez.; 52(1): 1-10.

7. Cotrim JR, Lemos AG, Néri JE Jr, Barela JA. Desenvolvimento de habilidades motoras fundamentais em crianças com diferentes contextos escolares. *Revista da Educação Física/UEM*. 2011 dez.; 22(4): 523-533.

8. Badau D, Badau A, Ene-Voiculescu C, Larion A, Ene-Voiculescu V, Mihaila I et al. The impact of implementing an exergame program on the level of reaction time optimization in handball, volleyball, and basketball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022 maio; 19(9): 5598.

9. Delmas S, Casamento-Moran A, Park SH, Yacoubi B, Christou EA. Motor planning perturbation: muscle activation and reaction time. *Journal of Neurophysiology*. 2018 out.; 120(4): 2059–2065.

10. Wong AL, Haith AM, Krakauer JW. Motor Planning. *The Neuroscientist*. 2015 ago; 21(4): 385-398.

11. Pinto AH, Lange C, Pastore CA, Llano PMP, Castro DP, Santos F. Capacidade funcional para atividades da vida diária de idosos da Estratégia de Saúde da Família da zona rural. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2016 nov.; 21(11): 3545-3555.

12. Santos, JVS, Carvalho LC, Bressan PA. Physioplay: Um exergame para reabilitação física aplicando a interatividade do Kinect como biofeedback visual. 2012.
13. Monjo F, Forestier N. The postural control can be optimized by the first movement initiation condition encountered when submitted to muscle fatigue. *Human Movement Science*. 2017 ago.; 54:1-12.
14. Sensor Locations (homepage). Enschede, The Netherlands: SENIAM, 2022. Disponível em: [http://seniam.org/sensor\\_location.htm](http://seniam.org/sensor_location.htm). Acessado em: out. de 2021.
15. Alves RS, Iunes DH, Pereira IC, Borges JBC, Nogueira DA, Silva AM et al. Influence of exergaming on the perception of cancer-related fatigue. *Games for Health Journal*. 2017 abr.; 6(2): 119–126.
16. Dias RC, Dias JM. Prática baseada em evidência: uma metodologia para a boa prática fisioterapêutica. *Fisioterapia em Movimento*. 2006 mar; 19(1): 11-16.
17. Norouzi-Gheidari N, Hernandez A, Archambault PS, Higgins J, Poissant L, Kairy D. Feasibility, safety and efficacy of a virtual reality exergame system to supplement upper extremity rehabilitation post-stroke: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019 dez.; 17(1): 113-124.
18. Liu H, Xing Y, Wu Y. Effect of Wii Fit exercise with balance and lower limb muscle strength in older adults: a meta-analysis. *Frontiers in Medicine*. 2022 maio; 9.
19. Perrochon A, Borel B, Istrate D, Compagnat M, Daviet J-C. Exercise-based games interventions at home in individuals with a neurological disease: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2019 set; 62(5): 366–378.
20. Garcia-Agundez A, Folkerts AK, Konrad R, Caserman P, Tregel T, Goosses M et al. Recent advances in rehabilitation for Parkinson's Disease with Exergames: A Systematic Review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2019 jan; 16(1): 1-17
21. Christensen J, Valentiner LS, Petersen RJ, Langberg H. The effect of game-based interventions in rehabilitation of diabetics: a systematic review and meta-analysis. *Telemedicine and e-Health*. 2016 out; 22(10): 789–797.
22. Jonsdottir J, Bertoni R, Lawo M, Montesano A, Bowman T, Gabrielli S. Serious games for arm rehabilitation of persons with multiple sclerosis. A randomized controlled pilot study. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. 2018 jan; 19: 25–29.
23. Li J, Theng Y-L, Foo S. Game-Based digital interventions for depression therapy: a systematic review and meta-analysis. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*. 2014 ago.; 17(8): 519-527.
24. Hastürk G, Munusturlar MA. The effects of exergames on physical and psychological health in young adults. *Games for Health Journal*. 2022 set.; [published online ahead of print].
25. Allen NE, Song J, Paul SS, Smith S, O'Duffy J, Schmidt M et al. An interactive videogame for arm and hand exercise in people with Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *Parkinsonism & Related Disorders*. 2017 ago; 41: 66-72.
26. López-García J, Colado JC, Guzmán JF. Acute effects of aerobic exercise and active videogames on cognitive flexibility, reaction time, and perceived exertion in older adults. *Games for Health Journal*. 2019 dez; 8(6): 371–379.
27. Milajerdi HR, Sheikh M, Najafabadi MG, Saghaei B, Naghdi N, Dewey D. The effects of physical activity and exergaming on motor skills and executive functions in children with autism spectrum disorder. *Games for Health Journal*. 2021 fev.; 10(1): 33-42.
28. Jarmey C. *Músculos: Uma Abordagem Concisa*. Vol. 1. São Paulo: Barueri; 2008. p. 1-162.
29. Oliveira PF, Lunes DH, Alves RS, Carvalho JM, Menezes FS, Carvalho LC. Effects of exergaming in cancer related fatigue in the quality of life and electromyography of the middle deltoid of people with cancer in treatment: a controlled trial. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 2018 set.; 19(9): 2591-2597.

**Apêndice I: Tabela Valores de Média e Desvio Padrão do TR e Análise Eletromiográfica em D1 e D2**

**Tabela 2.** Valores de média e desvio padrão de TR e análise eletromiográfica por meio do RMS ( $\mu V$ ) em D1 e D2 dos músculos deltoides anterior, médio e posterior em dois momentos em GG e GC.

Variáveis	Gameterapia (n = 30)		Controle (n = 17)		Valor de p			
	Pré	Pós	Pré	Pós	G*Av	Av	G	
TR (s)	2,765 $\pm$ 0,441	2,346 $\pm$ 0,815 <sup>A,B</sup>	3,036 $\pm$ 0,611	3,138 $\pm$ 0,693	0,040*	0,153	0,017*	
RMS DA	131,409 $\pm$ 87,400	114,061 $\pm$ 57,973 <sup>A</sup>	102,450 $\pm$ 43,366	121,867 $\pm$ 84,004	0,836	0,038*	0,414	
D1	RMS DM	187,519 $\pm$ 110,746 <sup>B</sup>	117,582 $\pm$ 79,951	117,050 $\pm$ 72,973	174,746 $\pm$ 108,359	0,279	0,240	0,036*
	RMS DP	87,372 $\pm$ 59,355	74,192 $\pm$ 49,454	64,526 $\pm$ 37,443	83,795 $\pm$ 75,905	0,613	0,274	0,356
	RMS DA	84,442 $\pm$ 52,195	89,974 $\pm$ 32,411	92,938 $\pm$ 33,891	90,386 $\pm$ 57,927	0,623	0,146	0,780
D2	RMS DM	100,909 $\pm$ 47,675	89,182 $\pm$ 42,726	89,634 $\pm$ 40,777	112,025 $\pm$ 60,031	0,306	0,268	0,240
	RMS DP	39,469 $\pm$ 18,704	53,258 $\pm$ 36,428	44,558 $\pm$ 22,933	45,324 $\pm$ 27,244 <sup>A</sup>	0,026*	0,654	0,375

Legenda: A: comparação intragrupo (pré vs. pós); B: comparação intergrupo no mesmo momento; TR: Tempo de Resposta; s: segundos;  $\mu V$ : microvoltagem; RMS: Root Mean Square; G\*Av.: Interação grupo\*avaliação; Av.: Avaliação pré vs. pós); G: Interação intergrupo; D1: Diagonal 1; D2: Diagonal 2.