

Efeitos do treino de realidade virtual na coordenação motora dos membros superiores de indivíduos após acidente vascular encefálico: uma revisão sistemática com meta-análise

Effects of virtual reality training in the upper limb motor coordination of individuals post-stroke: a systematic review with meta-analysis

Efectos del entrenamiento de realidad virtual en la coordinación motora de miembros superiores de individuos después de un accidente cerebrovascular: una revisión sistemática con metaanálisis

Cecília Vieira Meireles¹, Suelen Félix Ferreira², Patrick Roberto Avelino³, Kênia Kiefer Parreiras de Menezes⁴

RESUMO | Após um acidente vascular encefálico (AVE), 75% das pessoas tem o membro superior acometido, permanecendo com sequelas nessa extremidade. Resultados de ensaios clínicos recentes são contraditórios quanto à eficácia da terapia de realidade virtual (RV) na reabilitação da coordenação motora dos membros superiores dessa população. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática da literatura, com meta-análise, a fim de investigar os efeitos do treinamento com RV na coordenação motora dos membros superiores em pacientes pós-AVE. Para isso, foram feitas buscas nas bases de dados PubMed, LILACS, SciELO, PEDro e buscas manuais. Esse processo foi realizado por dois avaliadores independentes, e a qualidade metodológica dos estudos foi avaliada pela escala PEDro. Foram selecionados 18 estudos, sendo que apenas 13 foram incluídos na meta-análise. De forma geral, o treino de RV se mostrou eficaz na melhora da coordenação motora dos membros superiores da população (SMD 0,32; IC95% 0,08 a 0,56; I²=42%; p<0,01). Após uma análise de subgrupos, o treino de RV demonstrou ser superior quando comparado a nenhuma intervenção (SMD 0,36; IC95% 0,06 a 0,66; p<0,05). No entanto, quando comparado a outras intervenções, não houve diferença significativa

(SMD 0,26; IC95% -0,12 a 0,64; p=0,18). De forma geral, o treino de RV é eficaz na melhora da coordenação motora dos membros superiores de indivíduos pós-AVE em comparação a nenhuma intervenção. No entanto, não é superior quando comparado a outros tipos de intervenção utilizados na reabilitação da coordenação motora dos membros superiores dos pacientes.

Descritores | Realidade Virtual; Destreza Motora; Extremidade Superior; Acidente Vascular Cerebral; Revisão Sistemática.

ABSTRACT | After a stroke, 75% of people are affected in their upper limbs, remaining with sequelae at these limbs. Results from recent clinical trials have been contradictory regarding the effectiveness of Virtual Reality (VR) therapy in rehabilitating upper limb motor coordination in this population. This study aimed to perform a systematic literature review with meta-analysis to investigate the effects of VR training on upper limb motor coordination in patients post-stroke. Searches were performed in the electronic databases PubMed, LILACS, SciELO, PEDro, in addition to manual searches. The whole process was performed by two independent raters. The methodological quality of the studies was assessed by the PEDro scale. In total,

¹Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira (FUNCESI) – Itabira (MG), Brasil. E-mail: ceciliaa.meireles2011@gmail.com. ORCID-0000-0002-5254-9535

²Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira (FUNCESI) – Itabira (MG), Brasil. E-mail: suelen.felix@gmail.com. ORCID-0000-0001-7120-9248

³Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte (MG), Brasil. E-mail: patrickpk4@yahoo.com.br. ORCID-0000-0002-7248-4767

⁴Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte (MG), Brasil. E-mail: keniakiefer@yahoo.com.br. ORCID-0000-0002-9906-9555

we selected 18 studies, out of which only 13 were included in the meta-analysis. In general, VR training was effective in improving upper limb motor coordination (SMD 0.32; 95% CI 0.08–0.56; $I^2=42\%$; $p<0.01$). When subgroup analysis assessed control group type, VR training was superior than no intervention (SMD 0.36; 95% CI: 0.06–0.66; $p<0.05$). However, when compared to other interventions, we found no significant difference (SMD 0.26; 95% CI: –0.12–0.64; $p=0.18$). Overall, VR training is effective in improving upper limb motor coordination in post-stroke individuals compared to no intervention. However, it shows no superiority when compared to other types of intervention used in the rehabilitation of upper limb motor coordination in these patients.

Keywords | Virtual Reality; Motor Skills; Upper Extremity; Stroke; Systematic Review.

RESUMEN | El 75% de las personas que son acometidas por un accidente cerebrovascular (ACV) presentan secuelas en el miembro superior acometido. Los resultados de ensayos clínicos recientes son contradictorios con respecto a la efectividad de la terapia de realidad virtual (RV) en la rehabilitación de la coordinación motora de los miembros superiores en esta población. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue realizar una revisión sistemática de la literatura, con metaanálisis, para investigar los

efectos del entrenamiento con RV en la coordinación motora de los miembros superiores en pacientes post-ACV. Para ello, se realizaron búsquedas en las bases de datos PubMed, LILACS, SciELO, PEDro y búsquedas manuales. Este proceso fue realizado por dos evaluadores independientes, y la calidad metodológica de los estudios se evaluó mediante la escala PEDro. Se seleccionaron 18 estudios, de los cuales solo 13 se incluyeron en el metaanálisis. En general, el entrenamiento con RV demostró ser efectivo para mejorar la coordinación motora de los miembros superiores de la población (SMD 0,32; IC95% 0,08 a 0,56; $I^2=42\%$; $p<0,01$). Después de un análisis de subgrupos, el entrenamiento de RV fue superior cuando no estuvo comparado con otras intervenciones (SMD 0,36; IC95% 0,06 a 0,66; $p<0,05$). Sin embargo, no hubo diferencias significativas en la comparación con otras intervenciones (SMD 0,26; IC95% –0,12 a 0,64; $p=0,18$). En general, el entrenamiento con RV es eficaz para mejorar la coordinación motora de los miembros superiores en personas post-ACV cuando esta intervención no estuvo comparada con otras. Sin embargo, no es superior en comparación con otros tipos de intervención que se aplican en la rehabilitación de la coordinación motora de los miembros superiores de los pacientes.

Palabras clave | Realidad Virtual; Destreza Motora; Extremidad Superior; Accidente Cerebrovascular; Revisión Sistemática.

INTRODUÇÃO

O acidente vascular encefálico (AVE) é a obstrução (isquemia) ou o extravasamento (hemorragia) de sangue em determinada área do encéfalo que resulta em perda neurológica e/ou motora¹, podendo levar à hemiparesia ou hemiplegia no lado contrário à lesão². É uma das condições que mais afetam a população atual, apresentando a maior prevalência entre as patologias neurológicas³ e sendo a maior causa de morte e incapacidades temporárias ou definitivas do mundo³. Dados apontam que 70% dos pacientes que sofreram AVE apresentam algum tipo de dificuldade para realização de atividades da vida diária, limitação na funcionalidade e na comunicação oral⁴. Tais limitações podem ser explicadas pela fraqueza da musculatura, por alterações do controle motor, do equilíbrio, da propriocepção e da sensibilidade e pela espasticidade apresentadas por esses indivíduos, que prejudicam seu desempenho no trabalho e nas atividades básicas do dia a dia, restringindo sua participação social⁵.

Após AVE, 75% das pessoas são acometidas no membro superior e, destas, de 30 a 66% permanecem

com sequelas nessa extremidade⁶. Além das incapacidades motoras citadas previamente, uma outra característica comum do membro superior afetado de um indivíduo após um AVE é o padrão flexor, na qual o paciente adota uma postura de flexão de dedos, punho e cotovelo, pronação do antebraço, adução e rotação interna do ombro⁷, o que impede o movimento coordenado adequado para executar atividades referentes à alimentação, ao autocuidado e à higiene⁸. A coordenação motora ou destreza pode ser definida como a capacidade de realizar uma tarefa motora de forma acurada, rápida e controlada⁹. Em indivíduos que sofreram AVE, a perda da coordenação motora contribui significativamente para a incapacidade¹⁰, devido à incoordenação da atividade muscular para alcançar as demandas da tarefa e ambientais¹⁰. Tal comprometimento pode levar a um posicionamento inadequado do membro superior afetado, dificuldades em realizar alcance direcionado, manipulação de objetos e movimentos combinados da musculatura do membro atingido¹¹.

Atualmente, diversas são as estratégias de tratamento utilizadas por fisioterapeutas em pacientes pós-AVE, sendo a realidade virtual (RV) uma das opções. A RV é

uma tecnologia computadorizada interativa, que incentiva o paciente a participar, mesmo com deficiências físicas e cognitivas, simulando tarefas que objetivam a reabilitação neurológica¹². Esse método se baseia na simulação de um ambiente real, fazendo com que o indivíduo participe da cena apresentada de forma realista e interativa^{13,14}. Cada paciente é representado no jogo através de um avatar que é capaz de captar os movimentos de todo o corpo, identificando alterações na velocidade, direção e aceleração¹⁴. Além disso, uma vez que a RV exhibe os movimentos em tempo real, possibilita um feedback preciso e o aperfeiçoamento na realização das atividades¹⁴.

Estudos recentes trazem resultados contraditórios em relação à eficácia da RV na reabilitação da coordenação motora dos membros superiores de indivíduos pós-AVE. Givon et al., realizaram um ensaio clínico aleatorizado com 47 indivíduos pós-AVE, e reportaram ausência de efeitos significativos na coordenação motora dos membros superiores do grupo experimental, que realizaram treino de RV, quando comparados ao grupo-controle, que realizou fisioterapia convencional¹⁵. De forma similar, Kong et al., também investigaram os efeitos da RV comparada à fisioterapia convencional e a nenhum tratamento em 105 pacientes, que foram randomizados em um dos três grupos, e também não encontrou diferença significativa na melhora da coordenação motora do membro superior entre os grupos¹⁶. Por outro lado, Afsar et al. realizaram um ensaio clínico aleatorizado com 43 indivíduos pós-AVE e reportaram melhora significativa da coordenação motora para o grupo experimental, que realizou terapia com RV associada à terapia convencional, comparado ao grupo-controle, que realizou apenas terapia convencional¹⁷. Um outro ensaio clínico também distribuiu de forma aleatória 18 pacientes entre o grupo experimental, que realizou treino de RV, e o grupo-controle, que realizou treino bilateral dos membros superiores sem a RV, e reportou melhora significativa na coordenação motora do grupo que realizou a terapia com RV¹⁸.

Assim, embora ensaios clínicos aleatorizados prévios tenham sido realizados investigando os efeitos do treino de RV na coordenação motora dos membros superiores de indivíduos pós-AVE, seus resultados são contraditórios. Neste contexto, uma revisão sistemática estruturada, analítica e crítica é a melhor forma de sintetizar a informação existente¹⁹. Além disso, sempre que possível, a revisão sistemática deve incluir a meta-análise²⁰, uma análise estatística que permite quantificar os resultados de vários estudos em uma métrica padrão¹⁹. A revisão sistemática com meta-análise fornece uma maior precisão da informação

em relação ao efeito de uma determinada intervenção²⁰. Dessa forma, é recomendado que pesquisadores sumariem a evidência proveniente de ensaios clínicos por meio de revisões sistemáticas com meta-análise, a fim de fornecer respostas imediatas a pesquisadores, clínicos e pacientes. No entanto, não foram encontradas revisões sistemáticas com meta-análise que tenham investigado os efeitos do treino de RV na coordenação motora dos membros superiores de indivíduos pós-AVE.

Assim, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática da literatura com meta-análise, visando investigar os efeitos do treinamento com RV na coordenação motora dos membros superiores em pacientes pós-AVE.

METODOLOGIA

Seleção dos estudos

Entre os meses de junho e agosto de 2019, foram realizadas buscas nas bases de dados eletrônicas PubMed, LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde), SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) e PEDro (*Physiotherapy Evidence Database*). Os descritores utilizados para as buscas específicas foram palavras relacionadas a AVE, coordenação motora, membro superior e realidade virtual, bem como os termos correspondentes em inglês. As estratégias específicas para a pesquisa em cada base encontram-se no Apêndice 1. Não houve restrição em relação ao idioma e ao ano de publicação. Todo o processo de busca e seleção dos artigos foi realizado por dois avaliadores independentes (CVM e SFF) e, para resolver eventuais discordâncias, um terceiro avaliador foi solicitado (KKPM). Por fim, também foi realizada uma busca manual nas listas de referências de todos os artigos incluídos, como forma de identificar outros estudos relevantes.

Crítérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos apenas ensaios clínicos aleatorizados, que tratavam de treino baseado em RV em pacientes pós-AVE de qualquer idade, sexo e tempo decorrido após lesão. Foram excluídos os estudos que não estavam de acordo com os critérios de inclusão, estudos com dados incompletos e realizados com menos de cinco participantes. A medida de desfecho de interesse foi a coordenação motora dos membros superiores, avaliada,

obrigatoriamente, por meio de testes que propusessem movimentos rápidos e alternados e que considerassem como critérios para pontuação a velocidade e a qualidade dos movimentos, simultaneamente²¹. Estudos incompletos, estudos de viabilidade sem resultados prévios, estudos piloto, estudos que incluíssem outras patologias além do AVE e estudos que incluíssem outra intervenção no grupo experimental além da RV também foram excluídos.

Extração de dados

Foram extraídos dos estudos selecionados os seguintes dados: característica da amostra (tamanho, idade, tempo decorrido após AVE), objetivo do estudo, protocolo de treinamento (tipo de RV utilizada, a comparação realizada, duração, frequência e intensidade do treinamento), teste utilizado para avaliação da coordenação motora dos membros superiores e resultados encontrados.

Qualidade metodológica

A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada através da escala PEDro, que identifica aspectos de risco de viés, a validade interna e se a informação estatística do estudo é suficiente para torná-lo interpretável. A escala conta com onze itens, sendo o primeiro, relacionado à validade externa, não pontuado. A nota da escala varia de zero a 10, e quanto maior a nota, melhor a qualidade metodológica do artigo²². Os escores fornecidos pela base PEDro para cada estudo foram utilizados no estudo. Quando o estudo não foi encontrado na base PEDro, a avaliação da qualidade metodológica foi realizada pelos pesquisadores.

Análise de dados

Todas as informações sobre os estudos foram extraídas por dois avaliadores (CVM e SFF) e verificadas por um terceiro (KKPM). Foram utilizadas medidas de pós-intervenção (média e desvio-padrão) devido à disponibilidade destes valores apenas na maioria dos estudos. Além disso, foi utilizado preferencialmente o *fixed effects model* e, no caso de heterogeneidade estatisticamente significativa ($I^2 > 40\%$), o tamanho de efeito foi analisado utilizando o *random effects model*. Os dados agrupados para todos os resultados foram relatados como diferença média padronizada (*standard mean difference – SMD*), juntamente com seus respectivos intervalos de confiança de 95% (IC95%). Um SMD de 0,10 foi considerado pequeno, de 0,30 foi considerado médio e de 0,50 foi considerado grande²³. Todas as análises foram

realizadas utilizando o programa *Comprehensive Meta-Analysis*, versão 3.0. O valor crítico para a rejeição de H_0 foi fixado a um nível de significância de 5% (*2-tailed*). Quando informações necessárias não foram encontradas na versão publicada dos estudos, detalhes adicionais foram solicitados ao autor correspondente por e-mail. Quando os dados não estavam disponíveis para serem incluídos na meta-análise, a diferença entre os grupos de comparação foi apenas descrita de acordo com os resultados reportados pelos autores.

RESULTADOS

Foram encontrados um total de 577 artigos na busca eletrônica. Destes, 340 foram excluídos após a leitura do título e 187 após a leitura do resumo, restando assim 50 artigos para leitura completa. Após a leitura dos artigos, 18 foram selecionados de acordo com os critérios de inclusão previamente determinados^{15-18,24-37}. O fluxograma de inclusão dos artigos encontra-se na Figura 1.

Os 18 estudos incluídos estão descritos na Tabela 1. A qualidade metodológica dos ensaios clínicos variou de 4 a 8, com uma média de 6,4 (DP 1,2) (Tabela 2). Os estudos incluíram de 18 a 235 participantes, com uma média de idade de 62,6 anos (DP 4,8), sendo que três estudos (17%) incluíram indivíduos pós-AVE na fase aguda, três (17%) na fase subaguda e 12 (66%) na fase crônica. De forma geral, o tempo de intervenção com a RV variou de 30 a 60 minutos, de duas a sete vezes por semana, e de três a 12 semanas. Em relação à comparação, seis estudos (33%) compararam a RV com nenhum tratamento^{17,25,29-31,36}, enquanto 11 estudos (61%) compararam a RV com outro tipo de tratamento^{15,18,24,26-28,32-35,37}, e apenas um estudo (6%) utilizou dois grupos experimentais, comparando a RV com nenhum tratamento e com outro tipo de tratamento¹⁶. Vale ressaltar que, quando a mesma intervenção foi aplicada em ambos os grupos e, adicionalmente a RV foi aplicada no grupo experimental, a comparação considerada foi da RV a nenhum tratamento. Nos estudos que comparam a RV com outro tipo de tratamento, as intervenções aplicadas foram: exercícios domiciliares para os membros superiores, terapia convencional, protocolos de exercícios específicos para a reabilitação dos membros superiores, terapia de contensão induzida, jogos recreativos e o mesmo protocolo de exercícios realizados no grupo de RV, no entanto sem a utilização da interface. Em relação aos testes reportados para avaliação da coordenação motora dos membros superiores, foram utilizados: *action research arm test*, *box and blocks test*, *wolf motor function test* e *Jebsen-Taylor hand function test*.

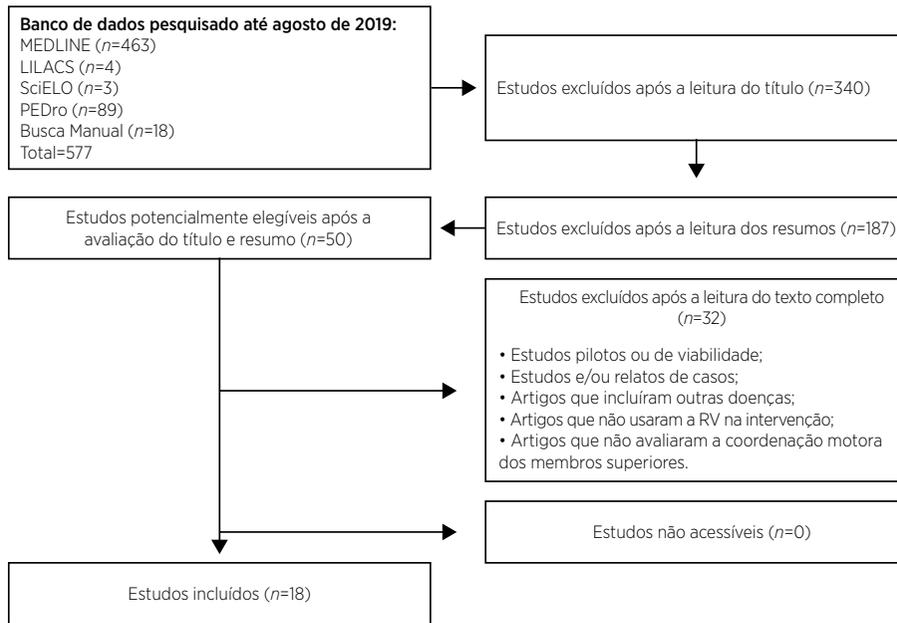


Figura 1. Fluxograma de seleção dos estudos

Tabela 1. Características dos estudos incluídos (n=18)

ESTUDO	PARTICIPANTES	PROTOCOLO	TESTE DE COORDENAÇÃO MOTORA	RESULTADOS
Adie et al. (2016)	235 participantes Idade: 67,4±13,3 Grupo experimental (n=117) Grupo-controle (n=118) AVE agudo	Grupo experimental: realizou 45 minutos de exercício, sentado, usando o jogo <i>Nintendo Wii Sports™</i> , todos os dias, durante seis semanas, em casa. Grupo-controle: realizou 45 minutos de exercícios para os membros superiores, sentado, todos os dias, durante seis semanas, em casa.	<i>action research arm test</i>	Não houve diferença significativa entre o grupo experimental e o grupo-controle. Ambos os grupos melhoraram.
Afsar et al. (2018)	35 participantes Idade: 66,4±8,1 Grupo experimental (n=19) Grupo controle (n=16) AVE subagudo	Grupo experimental: treinamento de RV, com o jogo <i>Microsoft Xbox 360 Kinect</i> , cinco vezes por semanas, por 30 minutos, durante quatro semanas + terapia convencional, cinco vezes por semanas, por 60 minutos, durante quatro semanas. Grupo-controle: terapia convencional, cinco vezes por semanas, por 60 minutos, durante quatro semanas.	<i>box and blocks test</i>	Houve melhora significativa no grupo experimental, quando comparado ao grupo-controle.
Askin et al. (2018)	40 participantes Idade: 54,9±10,5 Grupo experimental (n=20) Grupo-controle (n=20) AVE crônico	Grupo experimental: 20 sessões com treinamento de RV, com o jogo <i>Microsoft Xbox 360 Kinect</i> , uma hora por dia, cinco vezes na semana, durante quatro semanas + 20 sessões de fisioterapia, cinco dias por semana durante quatro semanas. Grupo-controle: 20 sessões de terapia convencional, cinco dias por semana, durante quatro semanas.	<i>box and blocks test</i>	Ambos os grupos melhoraram significativamente. Não houve análise entre grupos.
Brunner et al. (2017)	120 participantes Idade: 62 anos Grupo experimental (n=62) Grupo-controle (n=58) AVE subagudo	Grupo experimental: treinamento de RV, com o jogo <i>YouGrabber system</i> , de quatro a cinco vezes por semanas, por 60 minutos, durante quatro semanas + terapia convencional. Grupo-controle: exercícios padronizados, com ênfase na prática orientada à tarefa, de quatro a cinco vezes por semanas, por 60 minutos, durante quatro semanas + terapia convencional.	<i>action research arm test</i> e <i>box and blocks test</i>	Não houve diferença significativa entre o grupo experimental e o grupo-controle. Ambos os grupos melhoraram.
Choi et al. (2014)	20 participantes Idade: 64,5±10,8 Grupo experimental (n=10) Grupo-controle (n=10) AVE subagudo	Grupo experimental: treinamento de RV, com o jogo <i>Nintendo Wii</i> , 30 minutos por dia, cinco vezes por semana, durante quatro semanas. Grupo-controle: terapia ocupacional convencional, 30 minutos por dia, cinco vezes por semana, durante quatro semanas.	<i>box and blocks test</i>	Ambos os grupos melhoraram significativamente. Não houve análise entre grupos.

(continua)

Tabela 1. Continuação

ESTUDO	PARTICIPANTES	PROTOCOLO	TESTE DE COORDENAÇÃO MOTORA	RESULTADOS
Givon et al. (2015)	47 participantes Idade: 59,4±9,3 Grupo experimental (n=23) Grupo-controle (n=24) AVE crônico	Grupo experimental: treinamento de RV, com os jogos <i>Microsoft Xbox Kinect, Sony Playstation 2 Eye Toy, Sony Playstation 3 Move, Nintendo Wii Fit e the SeeMe VR system</i> , com duas sessões de uma hora por semana, durante três meses. Grupo-controle: terapia tradicional, com duas sessões de uma hora por semana, durante três meses.	<i>action research arm test</i>	Não houve diferença significativa entre o grupo experimental e o grupo-controle. Ambos os grupos melhoraram.
Hung et al. (2019)	33 participantes Idade: 59 anos Grupo experimental (n=17) Grupo-controle (n=16) AVE crônico	Grupo experimental: treinamento de RV, com o jogo <i>Kinect 2 Scratch</i> , com 24 sessões de 30 minutos, durante 12 semanas + 45 minutos de treino de função manual e atividades diárias. Grupo-controle: terapia convencional, com 24 sessões de 30 minutos, durante 12 semanas + 45 minutos de treino de função manual e atividades diárias.	<i>wolf motor function test</i>	Não houve diferença significativa entre o grupo experimental e o grupo-controle. Ambos os grupos melhoraram.
In et al. (2012)	19 participantes Idade: 64±12,2 Grupo experimental (n=11) Grupo controle (n=8) AVE crônico	Grupo experimental: treinamento com RV, cinco dias por semana, 30 minutos por dia, durante quatro semanas + terapia convencional. Grupo-controle: terapia convencional.	<i>box and blocks test</i>	Não houve diferença significativa entre o grupo experimental e o grupo-controle. Ambos os grupos melhoraram.
Jo et al. (2012)	29 participantes Idade: 64±7,1 Grupo experimental (n=15) Grupo controle (n=14) AVE crônico	Grupo experimental: treinamento de RV, com o jogo <i>Interactive Rehabilitation and Exercise System</i> , por 60 minutos por dia, cinco vezes por semana, durante quatro semanas + terapia convencional três vezes por semana, por 30 minutos, durante quatro semanas. Grupo controle: terapia convencional 3 vezes por semana, por 30 minutos, durante 4 semanas.	<i>wolf motor function test</i>	Nenhum dos grupos melhorou significativamente. Não houve análise entre grupos.
Kong et al. (2016)	105 participantes Idade média: 57,6±11,4 Grupo experimental 1 (n=35) Grupo experimental 2 (n=35) Grupo-controle (n=35) AVE agudo	Grupo experimental 1: treinamento de RV, com o jogo <i>Nintendo Wii Sports™</i> , 12 sessões de 60 minutos, quatro vezes por semana, durante três semanas + uma hora de terapia convencional diariamente. Grupo experimental 2: exercícios de alongamento, fortalecimento, amplitude de movimento, treino específico da tarefa e treino de habilidade do membro superior, 12 sessões de 60 minutos, quatro vezes por semana, durante três semanas + uma hora de terapia convencional diariamente. Grupo-controle: uma hora de terapia convencional diariamente.	<i>action research arm test</i>	Não houve diferença significativa entre os grupos experimentais e o grupo-controle. Todos os grupos melhoraram.
Lee et al. (2013)	24 participantes Idade: 61,9±10 Grupo experimental (n=12) Grupo-controle (n=12) AVE crônico	Grupo experimental: programa de treinamento assimétrico com RV, 30 minutos por dia, cinco dias por semana, durante quatro semanas + terapia convencional, duas vezes de 30 minutos por dia, cinco dias por semana, durante quatro semanas. Grupo-controle: terapia convencional, duas vezes de 30 minutos por dia, cinco dias por semana, durante quatro semanas.	<i>box and blocks test</i>	Houve melhora significativa no grupo experimental, quando comparado ao grupo-controle.
Lee et al. (2016)	18 participantes Idade: 71,3±7,3 Grupo experimental (n=10) Grupo-controle (n=8) AVE crônico	Grupo experimental: exercícios bilaterais na extremidade superior em um ambiente de RV, com sessões de 30 minutos, três dias por semana, durante seis semanas. Grupo-controle: exercícios convencionais bilaterais na extremidade superior, com sessões de 30 minutos, três dias por semana, durante seis semanas.	<i>box and blocks test</i>	Houve melhora significativa no grupo experimental, quando comparado ao grupo-controle.
McNulty et al. (2015)	41 participantes Idade: 58 ± 15,4 Grupo experimental (n=21) Grupo-controle (n=20) AVE crônico	Grupo experimental: treinamento de RV, com o jogo <i>Nintendo Wii</i> , durante 10 sessões consecutivas de 60 minutos. Grupo-controle: terapia de contensão induzida, com contensão por 90% do dia, com treino contínuo de atividade de 15 a 20 minutos.	<i>wolf motor function test</i>	Não houve diferença significativa entre o grupo experimental e o grupo-controle. Ambos os grupos melhoraram.
Saposnik et al. (2016)	141 participantes Idade: 62±12,5 Grupo experimental (n=71) Grupo-controle (n=70) AVE agudo	Grupo experimental: treinamento de RV não imersiva, com o jogo <i>Nintendo Wii</i> , durante 10 sessões de 60 minutos. Grupo-controle: jogos recreativos (jogo de cartas ou bingo, por exemplo), durante 10 sessões de 60 minutos, por duas semanas	<i>wolf motor function test</i>	Não houve diferença significativa entre o grupo experimental e o grupo-controle. Ambos os grupos melhoraram.

(continua)

Tabela 1. Continuação

ESTUDO	PARTICIPANTES	PROTOCOLO	TESTE DE COORDENAÇÃO MOTORA	RESULTADOS
Schuster-Amft et al. (2018)	54 participantes Idade: 61,3±12,3 Grupo experimental (n=22) Grupo-controle (n=32) AVE crônico	Grupo experimental: treinamento com RV, com quatro sessões de 45 minutos por semana, durante quatro semanas. Grupo-controle: terapia convencional, com quatro sessões de 45 minutos por semana, durante quatro semanas.	<i>box and blocks test</i>	Não houve diferença significativa entre o grupo experimental e o grupo-controle. Ambos os grupos melhoraram.
Shin et al. (2016)	46 pacientes Idade: 58,5±11,7 Grupo experimental (n=24) Grupo-controle (n=22) AVE crônico	Grupo experimental: treinamento de RV, com o jogo <i>RAPAEEL Smart Glove™</i> , com 20 sessões de 30 minutos, durante quatro semanas + terapia convencional por 30 minutos. Grupo-controle: mesma categoria de movimentos do grupo experimental, sem a RV, com 20 sessões de 30 minutos, durante quatro semanas + terapia convencional por 30 minutos.	<i>Jebsen-Taylor hand function test</i>	Houve melhora significativa no grupo experimental, quando comparado ao grupo-controle.
Sin & Lee (2013)	40 participantes Idade: 73,7±7,5 Grupo experimental (n=20) Grupo-controle (n=20) AVE crônico	Grupo experimental: treinamento de RV, com o jogo <i>Microsoft Xbox Kinect</i> , durante 30 minutos, três vezes por semana, por seis semanas + terapia convencional, durante 30 minutos, três vezes por semana, por seis semanas. Grupo-controle: terapia convencional, durante 30 minutos, três vezes por semana, por seis semanas.	<i>box and blocks test</i>	Houve melhora significativa no grupo experimental, quando comparado ao grupo-controle.
Subramanian et al. (2013)	32 participantes Idade: 61±10,4 Grupo experimental (n=16) Grupo-controle (n=16) AVE crônico	Grupo experimental: treinamento de RV, com o Computer Assisted Rehabilitation Environment software, durante 45 minutos, três sessões por semana, durante quatro semanas. Grupo-controle: mesma categoria de movimentos do grupo experimental, sem a RV, durante 45 minutos, três sessões por semana, durante quatro semanas.	<i>wolf motor function test</i>	Houve melhora significativa no grupo experimental, quando comparado ao grupo-controle.

* AVE: acidente vascular encefálico; RV: realidade virtual.

Tabela 2. Detalhamento dos estudos na escala PEDro (n=18)

Estudo	Aleatorização	Cegamento da distribuição dos participantes	Similaridade inicial entre os grupos	Cegamento dos participantes	Cegamento dos terapeutas	Cegamento dos avaliadores	Medidas de um desfecho primário	"Intenção de tratar"	Comparação intergrupo do desfecho primário	Medidas de precisão e variabilidade para pelo menos um desfecho	Total
Adie et al. (2016)	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	7/10
Afsar et al. (2018)	S	S	S	N	N	S	N	N	S	S	6/10
Askin et al. (2018)	S	N	S	N	N	S	S	N	S	S	6/10
Brunner et al. (2017)	S	N	S	N	N	S	S	S	S	S	7/10
Choi et al. (2014)	S	N	S	N	N	S	S	S	S	S	7/10
Givon et al. (2015)	S	N	S	N	N	S	S	S	S	S	7/10
Hung et al. (2019)	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	8/10
In et al. (2012)	S	N	S	N	N	N	N	N	S	S	4/10
Jo et al. (2012)	S	N	S	N	N	N	S	N	S	S	5/10
Kong et al. (2016)	S	N	S	N	N	N	S	N	S	S	5/10
Lee et al. (2013)	S	N	S	N	N	S	N	N	S	S	5/10
Lee et al. (2016)	S	N	S	N	N	S	S	N	S	S	6/10
McNulty et al. (2015)	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	8/10

(continua)

Tabela 2. Continuação

Estudo	Aleatorização	Cegamento da distribuição dos participantes	Similaridade inicial entre os grupos	Cegamento dos participantes	Cegamento dos terapeutas	Cegamento dos avaliadores	Medidas de um desfecho primário	“Intenção de tratar”	Comparação intergrupo do desfecho primário	Medidas de precisão e variabilidade para pelo menos um desfecho	Total
Saposnik et al. (2016)	S	N	S	N	N	S	S	S	S	S	7/10
Schuster-Amft et al. (2018)	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	8/10
Shin et al. (2016)	S	S	S	N	N	S	N	S	S	S	7/10
Sin & Lee (2013)	S	N	S	N	N	S	S	N	S	S	6/10
Subramanian et al. (2013)	S	S	S	N	N	S	S	N	S	S	7/10

Efeitos da RV na coordenação motora dos membros superiores de indivíduos pós-AVE

Em relação à meta-análise, foram incluídos 13 estudos que avaliaram os efeitos da RV na coordenação motora dos membros superiores de pacientes pós-AVE. Além disso, um estudo avaliou a coordenação motora dos membros superiores por meio de dois instrumentos diferentes, e outro estudo incluiu dois grupos de intervenção, resultando em um total de 15 comparações (Figura 2). De forma geral, o treino de RV se mostrou eficaz na melhora da coordenação motora dos membros superiores dessa população, com efeito

considerado médio (SMD 0,32; IC95% 0,08 a 0,56; I²=42%; p<0,01). Quando foi realizada uma análise de subgrupos em relação ao tipo de grupo-controle, o treino de RV foi superior quando comparado a nenhuma intervenção, também com efeito considerado médio (SMD 0,36; IC95% 0,06 a 0,66; I²=42%; p<0,05); no entanto, quando comparado a outras intervenções, não houve diferença significativa (SMD 0,26; IC95% -0,12 a 0,64; p=0,18). Cinco estudos não puderam ser incluídos na meta-análise por não apresentarem dados reportados suficientes^{25,28,32,34,37}. A descrição de seus resultados, bem como de todos os demais estudos individualmente se encontram na Tabela 2.

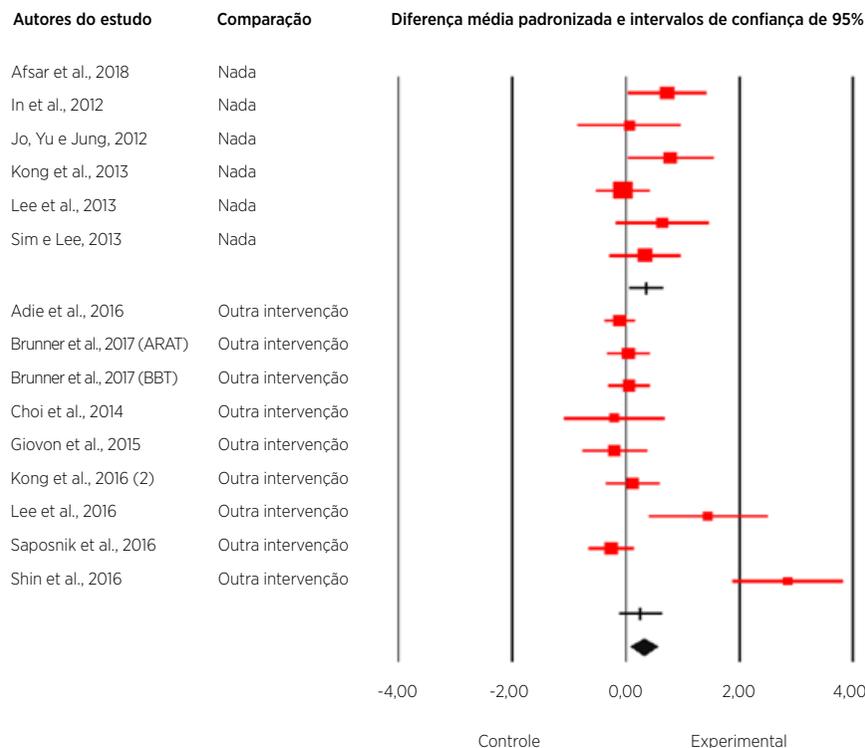


Figura 2. Forest plot para o efeito do treino de realidade virtual na coordenação motora dos membros superiores de indivíduos após acidente vascular encefálico

DISCUSSÃO

Esta revisão sistemática com meta-análise teve como objetivo investigar os efeitos do treino de RV na coordenação motora dos membros superiores de indivíduos pós-AVE. A RV, de forma geral, apresentou efeito significativo na melhora da coordenação motora dos membros superiores dos pacientes pós-AVE. Quando comparada a nenhuma intervenção, ela apresentou um efeito moderado, podendo ser indicada para o tratamento dessa população. De fato, quando o indivíduo não realiza nenhuma intervenção no membro superior acometido, ele tende a ignorar esse membro, deixando de usá-lo na realização de atividades cotidianas, priorizando o uso do membro não parético. Tal situação ocasiona o fenômeno que chamamos de “desuso aprendido”, que causa mudanças inadequadas na neuroplasticidade do indivíduo, sendo prejudicial à sua evolução³⁸. Nesse caso, o treinamento com a RV que trabalha o recrutamento e a utilização de tal membro em atividades específicas, tornando-o assim mais ativo, evita a negligência do membro parético e a progressão de seu comprometimento.

Por outro lado, os efeitos do treino de RV não foram superiores quando comparados a outros tipos de intervenção utilizados na reabilitação da coordenação motora dos membros superiores de indivíduos pós-AVE. Embora o treino de realidade virtual seja geralmente considerado mais atrativo, uma maior adesão ao tratamento e, possivelmente, uma aquisição de resultados mais significativos são encontrados, geralmente, na reabilitação infantil³⁹. Indivíduos adultos, mesmo que se sintam mais atraídos por um programa de tratamento mais lúdico, sabem da importância da reabilitação para suas condições incapacitantes e tendem a apresentar uma adesão similar a qualquer estratégia de tratamento proposta⁴⁰. Assim, a RV, por apresentar efeitos similares aos demais tipos de intervenção na coordenação motora dos membros superiores, pode ser considerada mais uma opção entre os diversos recursos fisioterapêuticos para reabilitação de indivíduos pós-AVE. No entanto, cabe ressaltar que a RV, embora apresente efeitos semelhantes às demais técnicas, é um recurso relativamente caro, não sendo acessível a todos os terapeutas e pacientes, o que pode restringir sua escolha.

Uma revisão sistemática prévia, publicada em 2007, objetivou avaliar os efeitos do treinamento de RV na recuperação motora dos membros superiores de indivíduos pós-AVE e reportou que, embora houvesse evidências limitadas, os resultados dos estudos eram encorajadores⁴¹. No entanto, além de não ter realizado uma meta-análise, a medida de desfecho não foi específica para coordenação

motora⁴¹. Três outras revisões sistemáticas com meta-análise tinham como objetivo avaliar os efeitos da intervenção na função motora dos membros superiores dessa população⁴²⁻⁴⁴. Corroborando os resultados deste estudo, de forma geral todas encontraram um efeito significativo do treino de RV, de magnitude moderada, quando comparado à condição controle⁴²⁻⁴⁴. No entanto, nenhum dos estudos realizou análise de subgrupos considerando os tipos de comparações ou foi específico para coordenação motora dos membros superiores. Por fim, uma outra revisão sistemática com meta-análise avaliou os efeitos da RV nos membros superiores de indivíduos pós-AVE e reportou dados separados para o componente de estrutura e de função do corpo, no qual a coordenação motora está inserida, com resultados para o efeito similar a este estudo, também de intensidade moderada⁴⁵. Dessa forma, embora nenhuma revisão prévia tenha investigado especificamente os efeitos da RV na coordenação motora dos membros superiores nesta população, observa-se que os dados corroboram os achados de revisões que avaliaram a função geral do membro superior, apresentando um efeito moderado da RV. De fato, a coordenação motora é fundamental para a função dos membros superiores dos indivíduos pós-AVE, o que justifica a similaridade entre os resultados encontrados⁴⁶.

Dentre os pontos positivos desta revisão, pode-se citar a realização de uma revisão sistemática com meta-análise, análise de subgrupos, inclusão de um número substancial de artigos, para avaliação de uma medida de desfecho específica ainda não investigada na literatura. Entre os pontos negativos, a qualidade metodológica média dos estudos incluídos pode ser considerada moderada, o que exige cautela em relação à interpretação dos resultados. No entanto, vale ressaltar que, devido à natureza da intervenção, foi impossível cegar os participantes e os terapeutas em relação aos grupos em que os participantes foram alocados⁴⁷. Desta forma, um escore médio de 6,4, quando a pontuação máxima é 8, reflete que os resultados encontrados nesta revisão são confiáveis e podem ser extrapolados para a prática clínica. Além disso, ressalta-se a variabilidade entre os protocolos de treinamento encontrados, apresentando grande amplitude de tempo de treinamento diário, frequência semanal e duração, além da diversidade entre atividades/exercícios propostos e sistemas/jogos utilizados. Também houve grande variabilidade entre os instrumentos de avaliação do equilíbrio, o que impossibilitou a utilização da diferença média, que apresenta resultados numéricos mais sólidos, sendo necessária a utilização da SMD. Por fim, alguns estudos não reportaram todos os dados necessários para a inclusão na meta-análise. Assim, ensaios controlados aleatorizados ainda devem ser conduzidos com

alto rigor metodológico, visando estabelecer o protocolo de intervenção mais adequado para o ganho da coordenação motora dos membros superiores de indivíduos pós-AVE.

CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que o treino de RV é eficaz na melhora da coordenação motora dos membros superiores de indivíduos pós-AVE, apresentando efeito moderado quando comparado a nenhuma intervenção. No entanto, o treino de RV não é superior em comparação a outros tipos de intervenção utilizados na reabilitação da coordenação motora dos membros superiores desses pacientes.

REFERÊNCIAS

- Rafii MS, Hillis AE. Compendium of cerebrovascular diseases. *Int Rev Psychiatry*. 2006;18(5):395-407. doi: 10.1080/09540260600935405.
- Canning CG, Ada L, Adams R, O'Dwyer NJ. Loss of strength contributes more to physical disability after stroke than loss of dexterity. *Clin Rehabil*. 2004;18(3):300-8. doi: 10.1191/0269215504cr715oa.
- Teixeira-Salmela LF, Parreira VF, Britto RR, Brant TC, Inácio EP, Alcântara TO, et al. Respiratory pressures and thoracoabdominal motion in community-dwelling chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(10):1974-8. doi: 10.1016/j.apmr.2005.03.035.
- Forster A, Dickerson J, Young J, Patel A, Kalra L, Nixon J, et al. A cluster randomised controlled trial and economic evaluation of a structured training programme for caregivers of inpatients after stroke: the TRACS trial. *Health Technol Assess*. 2013;17(46):1-216. doi: 10.3310/hta17460.
- Rodrigues-Baroni JM, Nascimento LR, Ada L, Teixeira-Salmela LF. Walking training associated with virtual reality-based training increases walking speed of individuals with chronic stroke: systematic review with meta-analysis. *Braz J Phys Ther*. 2014;18(6):502-12. doi: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0062.
- Barreto CS, Carteado HSBS, Viégas LRT, Bastos MCD, Novais MBB, Ferraz DD. Eletroterapia aplicada ao membro superior espástico de pacientes com acidente vascular cerebral – um estudo de revisão. *Rev Pesqui Fisioter*. 2015;5(2):163-9. doi: 10.17267/2238-2704rpf.v5i2.585.
- Awad EA, Dykstra D. Tratamento da espasticidade pela neurólise. In: Kottke FJ, Lehmann JF. *Tratado de medicina física e reabilitação de Krusen*. 4th ed. São Paulo: Manole; 1994. p. 1145-51
- Veronezi AMG, Bachiega GL, Augusto VS, Carvalho AC. Avaliação da performance da marcha de pacientes hemiplégicos do projeto Hemiplegia. *Fisioter Mov*. 2004;17(1):31-8.
- Latash ML, Turvey MT, Bernstein NA. *Dexterity and its development*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates; 1996.
- Ada L, Canning C. Changing the way we view the contribution of motor impairments to physical disability after stroke. In: Refshauge K, Ada L, Ellis E, editors. *Science-based rehabilitation: theories into practice*. Amsterdam: Elsevier; 2005. p. 87-106.
- Cavaco NS, Alouche SR. Instrumentos de avaliação da função de membros superiores após acidente vascular encefálico: uma revisão sistemática. *Fisioter Pesqui*. 2010;17(2):178-83. doi: 10.1590/S1809-29502010000200015.
- Arnoni JLB, Verderio BN, Pinto AMA, Rocha NACF. Efeito da intervenção com videogame ativo sobre o autoconceito, equilíbrio, desempenho motor e sucesso adaptativo de crianças com paralisia cerebral: estudo preliminar. *Fisioter Pesqui*. 2018; 25(3):194-302. doi: 10.1590/1809-2950/17021825032018.
- Schiavinato AM, Machado BC, Pires MA, Baldan C. Influência da realidade virtual no equilíbrio de paciente portador de disfunção cerebelar. *Rev Neurocienc*. 2011;19(1):119-27. doi: 10.34024/rnc.2011.v19.8422.
- Soares MD, Santos JKV, Costa FA, Melo LP. Wii reabilitação e fisioterapia neurológica: uma revisão sistemática. *Rev Neurocienc*. 2015;23(1):81-8. doi: 10.4181/RNC.2015.23.01.982.8p.
- Givon N, Zeilig G, Weingarden H, Rand D. Video-games used in a group setting is feasible and effective to improve indicators of physical activity in individuals with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2016;30(4):383-92. doi: 10.1177/0269215515584382.
- Kong KH, Loh YJ, Thia E, Chai A, Ng CY, Soh YM, et al. Efficacy of a virtual reality commercial gaming device in upper limb recovery after stroke: a randomized, controlled study. *Top Stroke Rehabil*. 2016;23(5):333-40. doi: 10.1080/10749357.2016.1139796.
- Afsar SI, Mirzayev I, Umit Yemisci O, Cosar Saracgil SN. Virtual reality in upper extremity rehabilitation of stroke patients: a randomized controlled trial. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2018;27(12):3473-8. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.08.007.
- Lee S, Kim Y, Lee BH. Effect of virtual reality-based bilateral upper extremity training on upper extremity function after stroke: a randomized controlled clinical trial. *Occup Ther Int*. 2016;23(4):357-68. doi: 10.1002/oti.1437.
- Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ. *Métodos de pesquisas em atividade física*. 6th ed. Porto Alegre: Artmed; 2012.
- Herbert R, Jamtvedt G, Hagen KB, Mead J. *Practical evidence-based physiotherapy*. Amsterdam: Elsevier; 2011.
- Desrosiers J, Rochette A, Corriveau H. Validation of a new lower-extremity motor coordination test. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(5):993-8. doi: 10.1016/j.apmr.2004.11.007.
- Shiwa SR, Costa LOP, Moser ADL, Aguiar IC, Oliveira LVF. PEDro: a base de dados de evidências em fisioterapia. *Fisioter Mov*. 2011;24(3):523-33. doi: 10.1590/S0103-51502011000300017.
- Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
- Adie K, Schofield C, Berrow M, Wingham J, Humfries J, Pritchard C, et al. Does the use of Nintendo Wii Sports™ improve arm function? Trial of Wii™ in stroke: a randomized controlled trial and economics analysis. *Clin Rehabil*. 2017;31(2):173-85. doi: 10.1177/0269215516637893.
- Aşkın A, Atar E, Koçyiğit H, Tosun A. Effects of Kinect-based virtual reality game training on upper extremity motor recovery in chronic stroke. *Somatosens Mot Res*. 2018;35(1):25-32. doi: 10.1080/08990220.2018.1444599.

26. Brunner I, Skouen JS, Hofstad H, Aßmus J, Becker F, Sanders AM, et al. Virtual reality training for upper extremity in subacute stroke (VIRTUES): a multicenter RCT. *Neurology*. 2017;89(24):2413-21. doi: 10.1212/WNL.0000000000004744.
27. Choi JH, Han EY, Kim BR, Kim SM, Im SH, Lee SY, et al. Effectiveness of commercial gaming-based virtual reality movement therapy on functional recovery of upper extremity in subacute stroke patients. *Ann Rehabil Med*. 2014;38(4):485-93. doi: 10.5535/arm.2014.38.4.485.
28. Hung JW, Chou CX, Chang YJ, Wu CY, Chang KC, Wu WC, et al. Comparison of Kinect2Scratch game-based training and therapist-based training for the improvement of upper extremity functions of patients with chronic stroke: a randomized controlled single- blinded trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2019;55(5):542-50. doi: 10.23736/S1973-9087.19.05598-9.
29. In TS, Jung KS, Lee SW, Song CH. Virtual reality reflection therapy improves motor recovery and motor function in the upper extremities of people with chronic stroke. *J Phys Ther Sci*. 2012;24(4):339-43. doi: 10.1589/jpts.24.339.
30. Cho K, Yu J, Jung J. Effects of virtual reality-based rehabilitation on upper extremity function and visual perception in stroke patients: a randomized control trial. *J Phys Ther Sci*. 2012;24(11):1205-8. doi: 10.1589/jpts.24.1205.
31. Lee D, Lee M, Lee K, Song C. Asymmetric training using virtual reality reflection equipment and the enhancement of upper limb function in stroke patients: a randomized controlled trial. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2014;23(6):1319-26. doi: 10.1016/j.jstrocerebrovasdis.2013.11.006.
32. McNulty PA, Thompson-Butel AG, Faux SG, Lin G, Katrak PH, Harris LR, et al. The efficacy of Wii-based movement therapy for upper limb rehabilitation in the chronic poststroke period: a randomized controlled trial. *Int J Stroke*. 2015;10(8):1253-60. doi: 10.1111/ijss.12594.
33. Saposnik G, Cohen LG, Mamdani M, Pooyania S, Ploughman M, Cheung D, et al. Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial. *Lancet Neurol*. 2016;15(10):1019-27. doi: 10.1016/S1474-4422(16)30121-1.
34. Schuster-Amft C, Eng K, Suica Z, Thaler I, Signer S, Lehmann I, et al. Effect of a four-week virtual reality-based training versus conventional therapy on upper limb motor function after stroke: a multicenter parallel group randomized trial. *PLoS One*. 2018;13(10):e0204455. doi: 10.1371/journal.pone.0204455.
35. Shin JH, Kim MY, Lee JY, Jeon YJ, Kim S, Lee S, et al. Effects of virtual reality-based rehabilitation on distal upper extremity function and health-related quality of life: a single-blinded, randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil*. 2016;13:17. doi: 10.1186/s12984-016-0125-x.
36. Sin H, Lee G. Additional virtual reality training using Xbox Kinect in stroke survivors with hemiplegia. *Am J Phys Med Rehabil*. 2013;92(10):871-80. doi: 10.1097/PHM.0b013e3182a38e40.
37. Subramanian SK, Lourenço CB, Chilingaryan G, Sveistrup H, Levin MF. Arm motor recovery using a virtual reality intervention in chronic stroke: randomized control trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2013;27(1):13-23. doi: 10.1177/1545968312449695.
38. Bonifer NM, Anderson KM, Arciniegas DB. Constraint-induced movement therapy after stroke: efficacy for patients with minimal upper-extremity motor ability. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(9):1867-73. doi: 10.1016/j.apmr.2005.04.002.
39. Chiu HC, Kao PW. Effects of virtual reality in children with cerebral palsy: a systematic review. *FJPT*. 2015;40(3):136-44. doi: 10.6215/FJPT.PTS1408241086.
40. Bassett SF. The assessment of patient adherence to physiotherapy rehabilitation. *NZ J Physiother*. 2003;31(2):60-6.
41. Henderson A, Korner-Bitensky N, Levin M. Virtual reality in stroke rehabilitation: a systematic review of its effectiveness for upper limb motor recovery. *Top Stroke Rehabil*. 2007;14(2):52-61. doi: 10.1310/tsr1402-52.
42. Lee HS, Park YJ, Park SW. The effects of virtual reality training on function in chronic stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *BioMed Res Int*. 2019;2019:7595639. doi: 10.1155/2019/7595639.
43. Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011;(9):CD008349. doi: 10.1002/14651858.CD008349.pub2.
44. Maier M, Rubio Ballester B, Duff A, Duarte Oller E, Verschure PFMJ. Effect of specific over nonspecific VR-based rehabilitation on poststroke motor recovery: a systematic meta-analysis. *Neurorehabil Neural Repair*. 2019;33(2):112-29. doi: 10.1177/1545968318820169.
45. Aminov A, Rogers JM, Middleton S, Caeyenberghs K, Wilson PH. What do randomized controlled trials say about virtual rehabilitation in stroke? A systematic literature review and meta-analysis of upper-limb and cognitive outcomes. *J Neuroeng Rehabil*. 2018;15(1):29. doi: 10.1186/s12984-018-0370-2.
46. Carr J, Shepherd R. *Neurological rehabilitation: optimizing motor performance*. 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2010.
47. Fregni F, Imamura M, Chien HF, Lew HL, Boggio P, Kaptchuk TJ, et al. Challenges and recommendations for placebo controls in randomized trials in physical and rehabilitation medicine: a report of the International Placebo Symposium Working Group. *Am J Phys Med Rehabil*. 2010;89(2):160-72. doi: 10.1097/PHM.0b013e3181bc0bbd.