

Efeito da realidade virtual no equilíbrio e na velocidade da marcha em indivíduos após acidente vascular encefálico: estudo de série de casos

Inês Moreira Vitorino Rodrigues¹, Beatriz Fernandes, PhD²

1. Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. Lisboa, Portugal.
ines.moreira.rodrigues@gmail.com

2. H&TRC – Health & Technology Research Center, ESTeSL – Escola Superior de Tecnologia da Saúde, Instituto Politécnico de Lisboa. Lisboa, Portugal.

RESUMO

Introdução – O acidente vascular encefálico (AVE) é uma condição neurológica que leva a alterações de equilíbrio e limitações funcionais. Muitos indivíduos não recuperam a independência nas atividades da vida diária, interferindo com a sua qualidade de vida e expondo a necessidade de procurar estratégias para promoção da melhoria das funções motoras. A realidade virtual (RV) é uma intervenção inovadora para a reabilitação de indivíduos do foro neurológico, pela promoção de motivação e prazer na execução de tarefas específicas. **Objetivo** – Identificar os efeitos da terapia baseada em RV no equilíbrio e na velocidade da marcha de indivíduos pós AVE. **Métodos** – Estudo de série de casos que incluiu dois participantes de uma população com AVE e défices de equilíbrio sujeitos a uma intervenção baseada em RV com recurso à consola Wii e à plataforma Wii Balance Board, com frequência trissemanal, durante doze semanas. Foram realizados três momentos de avaliação utilizando a Escala de Equilíbrio de Berg, o Teste *Timed Up and Go* e o Teste de velocidade da marcha de 4 metros. **Resultados** – No final das doze semanas todos os participantes apresentaram melhorias na pontuação dos três testes. **Conclusão** – Os resultados obtidos permitem concluir que o programa baseado em realidade virtual, com recurso aos jogos da consola Wii, proporcionou melhoria no equilíbrio e na velocidade da marcha em dois indivíduos pós AVE. Sugere-se a realização de estudos experimentais para validar estes resultados e verificar o potencial de associar esta intervenção à terapia convencional. *Palavras-chave: AVE; Equilíbrio; Reabilitação; Realidade virtual*

Effect of virtual reality on balance and gait speed in individuals after stroke: case series study

ABSTRACT

Introduction – Stroke is a neurological condition that leads to changes in balance and functional limitations. Many individuals do not recover independence in activities of daily living, interfering with their quality of life, which highlights the need to look for strategies to promote motor function improvement. Virtual reality (VR) is an innovative intervention for the rehabilitation of neurological patients, as it promotes motivation and pleasure in performing specific tasks. **Purpose** – To identify the effects of VR-based therapy on balance and gait speed in individuals after stroke. **Methods** – A case series study which included two participants from a stroke population with balance deficits, who underwent a VR-based intervention using the Wii console and the Wii Balance Board platform, three sessions per week, for twelve weeks. Three assessment moments were carried out using the Berg Balance Scale, the Timed Up and Go Test, and the 4-meter gait speed test. **Results** – At the end of the twelve weeks, all the participants showed improvements in the scores of the three tests. **Conclusion** – The results obtained allow us to conclude that the program based on VR, using Wii console games, provided an improvement in balance and gait speed in two individuals after stroke. This suggests that experimental studies should be carried out to validate these results and strengthen the potential for associating this intervention with conventional therapy.

Keywords: Stroke; Balance; Rehabilitation; Virtual reality

Introdução

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define acidente vascular encefálico (AVE) como “um sinal clínico de rápido desenvolvimento de perturbação focal da função cerebral, de suposta origem vascular e com mais de 24 horas de duração”¹.

O AVE é uma das causas mais comuns de incapacidade adquirida em todo o mundo, sendo o seu sintoma principal a perda de capacidade motora súbita. Embora a maioria dos indivíduos recuperem alguma capacidade de marcha² na fase crónica persistem défices de mobilidade, caracterizados por má postura, diminuição da velocidade da marcha, défice de equilíbrio e aumento do risco de queda³.

A reabilitação tem como objetivo principal a recuperação da independência física e capacidade funcional destes indivíduos durante as atividades da vida diária (AVD)³.

O recurso a tecnologia de realidade virtual (RV) no tratamento tem sido estudado como uma nova intervenção terapêutica baseada em exercícios de simulação, que permitem conceber programas que reforçam os princípios da plasticidade cerebral: exercícios repetitivos, intensivos e orientados para tarefas³. Por se tornar uma terapia de gamificação, em ambiente motivador e interativo, com utilização de estímulos multissensoriais, os indivíduos demonstram mais entusiasmo e adesão à intervenção, o que potencia a melhoria dos resultados⁴.

A existência de um *feedback* imediato e a interação com o mundo virtual encorajam a participação ativa e a aprendizagem através de respostas imediatas da eficiência das ações do indivíduo e possibilita que este exija o máximo de si a cada tarefa⁵.

A consola Nintendo Wii tem vindo a ser utilizada em programas de intervenção em indivíduos que sofreram AVE. Estudos com esta população têm demonstrado o potencial da intervenção, utilizando a Nintendo Wii na melhoria da funcionalidade, equilíbrio e independência nas AVD, sendo de salientar que o facto de o treino proporcionar *feedback* visual pode ajudar os indivíduos com AVE a ajustar o seu centro de massa corretamente^{3,6-8}.

Considerou-se, assim, pertinente realizar um estudo para observar os resultados da reabilitação com recurso à RV e seus contributos para a melhoria do equilíbrio e da marcha em indivíduos com sequelas de AVE.

Métodos

Estudo observacional e descritivo do tipo série de casos, com um momento de avaliação antes do início do programa, uma avaliação ao fim de seis semanas e uma avaliação final decorridas doze semanas.

População e amostra em estudo

A amostra para o estudo foi retirada de uma população de indivíduos com sequelas de AVE. Esta amostra foi constituída por dois participantes selecionados, por conveniência, de um centro de dia para idosos. Para participar no estudo os indivíduos tinham de preencher os seguintes critérios de inclusão: diagnóstico de AVE confirmado por exames complementares de diagnóstico ou através dos processos clínicos; indivíduos em fase crónica (mais de seis meses); indivíduos com défice de equilíbrio capazes de permanecer em posição ortostática, sem auxílio, durante um minuto; indivíduos sem alterações cognitivas e com capacidade para compreender e seguir comandos simples. Os critérios de exclusão foram os seguintes: presença de patologias neurológicas associadas; presença de disfunções suscetíveis de interferir com o programa de

intervenção (e.g., patologias do membro inferior); presença de alterações visuais e/ou auditivas não corrigidas; indivíduos que se encontrassem a realizar tratamentos de fisioterapia durante o período de estudo.

Instrumentos de avaliação

Foram recolhidos dados referentes ao género, idade, tipo e localização do AVE e tempo desde a sua ocorrência. Foi utilizada a Escala de Equilíbrio de Berg (EEB) para avaliar o equilíbrio, o Teste Timed Up and Go (TUG) para avaliar o risco de queda e o teste de marcha de 4 metros para avaliar a velocidade da marcha.

Para a inclusão dos indivíduos no estudo utilizou-se a posição do Teste de Romberg para avaliar a capacidade de manter a posição bípede sem auxílio durante um minuto e o teste *Mini-Mental State Examination* (MMSE) para avaliar o estado cognitivo, sendo excluídos os indivíduos com uma pontuação inferior a 24.

Escala de Equilíbrio de Berg

A EEB, validada para a população portuguesa por Mósca em 2001⁹, foi utilizada para avaliar o equilíbrio estático, dinâmico e o risco de queda. É composta por catorze itens correspondentes a atividades da vida diária.

As tarefas são avaliadas através da observação e a pontuação do teste varia de 0 a 56 pontos, sendo que cada tarefa é classificada de 0 a 4. O ponto de corte para risco de queda é a pontuação 45¹⁰. De 0-20 pontos o risco de queda é alto, 21-40 pontos é considerado médio risco e 41-56 o risco é baixo¹¹.

Teste Timed Up and Go

O TUG, desenvolvido por Podsiadlo e Richardson em 1991¹², é um teste de mobilidade que pode ser usado para avaliar o risco de queda e as alterações de equilíbrio dinâmico em idosos durante o desempenho de uma tarefa. A pontuação do teste está diretamente ligada ao tempo em segundos que o participante demora a realizar uma tarefa específica¹². Esta tarefa consiste em levantar de uma cadeira (com apoio de costas e 45cm de altura, aproximadamente), caminhar três metros em linha reta, rodar 180° e regressar à posição inicial de sentado¹³.

Nos casos em que o participante não finaliza a tarefa ou necessita de assistência durante a mesma, a pontuação não é atribuída. O valor superior a 14 segundos é preditivo de risco de queda nesta população¹⁴⁻¹⁵.

Teste de Marcha de 4 metros

A velocidade da marcha foi obtida pelo teste de velocidade da marcha de 4 metros. Este teste integra a *Short Physical Performance Battery* (SPPB)¹⁶; contudo, o teste de marcha de 4 metros tem sido usado de forma independente¹⁷.

O teste é realizado numa distância total de seis metros, que inclui uma zona inicial de aceleração e uma zona final de desaceleração, ambas com um metro. Os participantes são instruídos a caminhar, no seu ritmo normal, em linha reta, sendo cronometrado o tempo despendido para percorrer os quatro metros intermédios. O resultado do teste é expresso em metros por segundo¹⁸.

Procedimentos

Todos os momentos de avaliação, assim como a intervenção, foram realizados numa das salas do centro de dia.

O procedimento de intervenção foi realizado com recurso à terapia com RV através de jogos (Wii Fit Plus) na consola Nintendo® Wii com recurso à Wii Balance Board (plataforma de equilíbrio). A intervenção foi realizada durante doze semanas com frequência trisemanal e duração de aproximadamente uma hora por sessão.

A avaliação foi realizada em três momentos distintos, mantendo-se as condições ambientais nos diferentes momentos: avaliação inicial (zero semanas), intermédia (seis semanas) e avaliação final (doze semanas).

Programa de intervenção Nintendo Wii®

A Wii Balance Board (Figura 1.A), acessório utilizado com a consola (Figura 1.B), é um sistema pequeno (comprimento 51,1cm x largura 31,6cm x altura 5,3cm) e leve (3,5kg) com quatro sensores, um em cada uma das suas extremidades, que medem e detetam variações de peso e pressão de forma lateral e ântero-posterior. Para a sua utilização os participantes posicionam-se de pé em cima da plataforma e movem o corpo de acordo com o que é pedido em cada uma das atividades a desempenhar. A informação dada pela plataforma é refletida num ecrã (Figura 1.C) através de um avatar, atribuído a cada participante, que lhe permite ver os seus movimentos fornecendo *feedback* positivo.

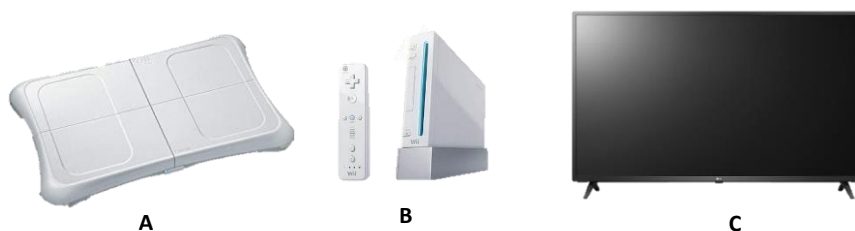


Figura 1. Material utilizado. A) Wii Balance Board; B) Consola Nintendo Wii; C) Ecrã.

O jogo utilizado na consola foi o Wii Fit plus, que fornece diversas atividades divididas em quatro áreas: aeróbia, ioga, resistência e equilíbrio.

Os jogos de equilíbrio foram os utilizados no protocolo experimental deste estudo. Dos nove jogos desenvolvidos para indivíduos saudáveis foram escolhidos seis para a população em estudo conseguir executar. Durante cada sessão, a ordem dos jogos foi determinada por sorteio prévio para que o treino não se tornasse tendencioso. Os participantes foram supervisionados em cada sessão para garantir a sua segurança. Após cada 10 minutos de treino ou sempre que pedido, os participantes fizeram uma pausa de dois minutos.

Jogos

Tabela 1. Jogos utilizados no protocolo experimental

Jogo Wii Fit	Descrição do jogo	Objetivo do jogo
Soccer Heading 	O participante move o seu centro de pressão (CP) para a direita e esquerda à medida que tenta cabecear as bolas de futebol que surgem ao centro, à direita e esquerda do jogador. Enquanto isso, tenta evitar outros objetos voadores.	Resposta motora, atenção e coordenação
Table Tilt 	O participante inclina o tabuleiro, ajustando o seu peso na prancha de equilíbrio, para rolar as bolas em direção aos buracos através de transferências do seu peso anterior, posterior e lateralmente. O grau de dificuldade vai aumentando a cada nível, com mais bolas em jogo.	Equilíbrio estático e resposta motora

Penguin slide



O participante inclina o *iceberg* através de transferências de peso laterais para que o pinguim deslize e apanhe o número máximo de peixes possível.

Equilíbrio estático, atenção e escolha para resposta motora

Ski Slalom



O participante faz *ski* num circuito de bandeiras vermelhas e azuis, onde tem de realizar transferências de peso à direita e esquerda para atravessar pelo meio das duas bandeiras da mesma cor. No canto superior direito do ecrã observa-se a barra azul que corresponde à “zona de velocidade” onde o jogador terá que se manter para descer a montanha na velocidade máxima.

Equilíbrio estático, atenção e coordenação

Tightrope walk



O participante terá que atravessar a corda bamba sem perder o equilíbrio. A alternância de passos (levantar cada um dos pés alternadamente na plataforma de equilíbrio) faz com que o jogador avance ao longo da corda.

Equilíbrio estático, atenção e coordenação motora

Balance Bubble



O participante desliza ao longo do rio sem tocar nas suas margens e evita as abelhas através de transferências de peso anterior e laterais. Quanto mais pressão for realizada na plataforma de equilíbrio mais rápido a bolha viaja nessa direção.

Equilíbrio estático, atenção e coordenação motora

Ética e Consentimento Informado

O estudo obteve parecer favorável da Comissão de Ética da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa (CE-ESTeSL-Nº 71-2021).

Foi preenchido o termo de consentimento informado por parte da instituição e dos participantes de acordo com os princípios éticos recomendados pela Declaração de Helsínquia.

Recolha e análise de dados

Os dados foram recolhidos no centro de dia que os participantes frequentavam, numa sala especialmente disponibilizada para o efeito, em ambiente calmo. Os dados recolhidos foram depois introduzidos no *software* Microsoft Excel®, que geraram os gráficos ilustrativos da evolução dos participantes ao longo do estudo.

Resultados

Caracterização dos indivíduos incluídos no estudo

A Tabela 2 apresenta as características dos dois participantes do estudo, com 67 e 87 anos de idade, ambos do sexo masculino e com AVE ao nível da artéria cerebral média, um no hemisfério direito e outro no hemisfério esquerdo.

Tabela 2. Caracterização dos participantes

	Participante A	Participante B
Género	Masculino	Masculino
Idade	67 anos	87 anos
Tipo de AVE	Isquémico	Isquémico
Localização AVE	ACM esquerda	ACM direita
Tempo decorrido desde AVE	13 anos	2 anos

Nota: Dados recolhidos em fevereiro/2022.

Legenda: ACM = Artéria cerebral média; AVE = Acidente vascular encefálico.

Os resultados foram analisados através da análise quantitativa da comparação das pontuações obtidas nos três testes de avaliação, imediatamente antes e depois do protocolo de intervenção.

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos na EEB. Observa-se, ambos os participantes, um aumento de pontuação ao longo das doze semanas, embora mais acentuada no indivíduo A.

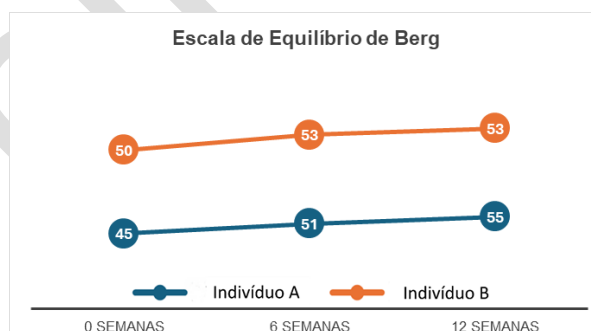


Figura 2. Gráfico de evolução do resultado da EEB ao longo do período de intervenção.

Quanto aos resultados obtidos no teste TUG (cf. Figura 3) observa-se uma diminuição da pontuação ao longo das doze semanas do programa, nos dois participantes, ou seja, uma diminuição no tempo demorado a realizar uma tarefa específica.

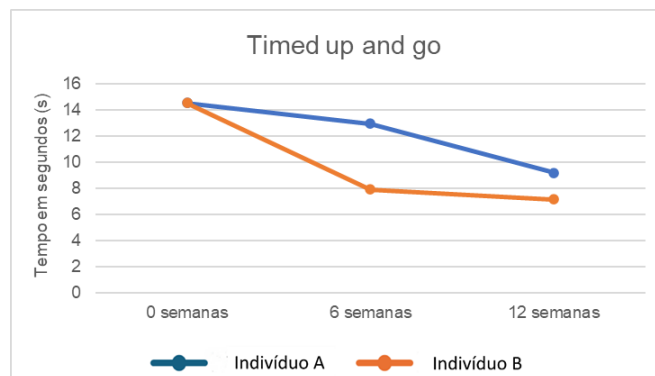


Figura 3. Gráfico da evolução do tempo de execução do TUG ao longo do período de intervenção.

Por último, observam-se os resultados obtidos no teste de velocidade da marcha de 4 metros (*cf.* Figura 4). Constata-se um aumento da pontuação de teste nos dois participantes entre a avaliação inicial e a sexta semana. Apenas o participante A aumentou a pontuação da sexta semana até final do programa.

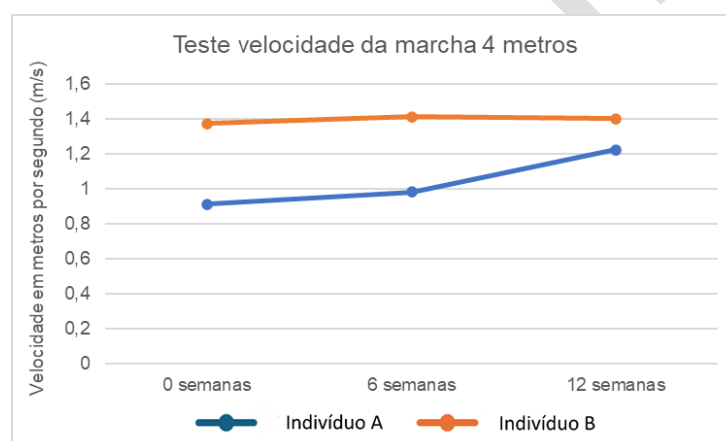


Figura 4. Resultado da avaliação do teste de velocidade da marcha de 4 metros.

Discussão

No presente estudo utilizou-se a consola Nintendo Wii® por ser um recurso economicamente acessível, de fácil utilização e por aliar a parte lúdica à reabilitação. Outros estudos de caso¹⁸⁻¹⁹ têm descrito o aumento da motivação, eficácia e autonomia dos indivíduos, em ambiente motivador e participação ativa no tratamento quando utilizada a RV com Nintendo Wii na reabilitação.

Corroborando com a literatura, no presente estudo, embora a medida de determinação do centro de massa pela consola não tivesse sido usada no contexto de avaliação, os participantes

tiveram acesso a estas medidas e o envolvimento jogo-score fez com se mantivessem motivados ao longo da intervenção.

A literatura não esclarece qual seria a duração ideal de um programa de exercícios com RV, mas Kwakkel *et al.*²⁰ sugerem que são necessárias dezasseis horas de terapia adicional pós AVE para se detetarem alterações clinicamente significativas no equilíbrio. Noutro estudo, de Ribeiro *et al.*²¹, com trinta participantes, o tempo total de treino com Nintendo Wii foi de dezasseis horas e demonstrou melhoria da função motora avaliada pelo Protocolo de Desempenho Físico de Fugl-Meyer (PDFFM). No presente estudo, os participantes completaram trinta e seis horas de terapia com RV.

A avaliação com a escala de equilíbrio de Berg mostrou um aumento da pontuação dos dois participantes ao longo das doze semanas. O participante A apresentava, no início do programa, a pontuação em ponto de corte da EEB (45 pontos) e, por isso, ainda se considerava o risco de queda. No final do programa atingiu quase a pontuação máxima, concluindo que passou a não ter qualquer risco de queda. O participante B iniciou o programa de intervenção com pontuação 50, tendo aumentado para 53 a meio do programa e manteve-se na mesma pontuação até às doze semanas. Em suma, pode-se concluir que, nos dois participantes, existe um baixo risco de queda e uma melhoria do equilíbrio.

Também Lopes *et al.*²² corroboraram os efeitos da RV na reabilitação pós-AVE, tendo obtido resultados que mostram que esta intervenção pode ser um instrumento complementar à fisioterapia convencional, melhorando a função motora do membro inferior, equilíbrio dinâmico, controlo do tronco e da marcha.

No presente estudo, os ajustes posturais ântero-posteriores e médio-laterais podem explicar a melhoria da pontuação da escala de Berg, o que corrobora outra investigação²³. A necessidade de reposicionamento do centro de gravidade leva à melhoria do equilíbrio e à aquisição de limites de estabilidade.

Quanto aos resultados obtidos no teste TUG constata-se uma diminuição da pontuação ao longo das doze semanas, ou seja, uma diminuição do tempo que ambos os participantes demoraram a realizar uma tarefa específica. O valor inicial, superior a catorze segundos em ambos os participantes, demonstra que antes da implementação do programa existia risco de queda, o que deixou de se verificar decorridas seis e doze semanas. No participante B a diminuição de tempo foi mais acentuada (14,52 segundos para 7,14) que no participante A (14,49 segundos para 9,10).

No teste de velocidade da marcha de 4 metros verificou-se um aumento da pontuação de teste nos dois participantes entre a primeira avaliação e a sexta semana. Da sexta à décima segunda

semana apenas o participante A apresentou melhoria da pontuação, tendo o participante B mantido. Um aumento da pontuação de teste é preditivo de que, para percorrer a mesma distância, os participantes foram diminuindo o tempo ao longo das semanas. Conclui-se que em ambos os participantes foi observada uma melhoria na velocidade da marcha. Ainda assim, as melhorias no participante A foram mais notórias, na medida em que iniciou o programa com pontuação 0,91m/s e terminou com 1,22m/s. O participante B iniciou com 1,37m/s e terminou com 1,41m/s.

Vários estudos^{3,6,8,23} investigaram se a adição de exercícios na consola Wii ou outras opções de RV em programas de reabilitação provocam alguma diferença em indivíduos com AVE. Os resultados são controversos, na medida em que relatam uma melhoria significativa no grupo que realiza intervenção com a consola Wii ao contrário do estudo de Yatar e Yildirim²⁴, que demonstrou não haver diferenças significativas entre o treino de equilíbrio na Wii Fit e os exercícios de equilíbrio progressivo.

A presente investigação constata uma melhoria da pontuação dos três testes nos dois participantes, durante as doze semanas, tendo o participante A evoluído mais comparativamente com o participante B. As melhorias mais acentuadas observadas no participante A poderão estar relacionadas com o facto de ser vinte e dois anos mais novo do que o participante B, considerando que a neuroplasticidade é influenciada pela idade e verificando-se que os processos plásticos se tornam mais lentos à medida que idade avança, o que se traduz num declínio na capacidade de adaptação à mudança²⁵⁻²⁶. Importa ainda referir que o participante B apresentou níveis de base superiores ao participante A, exceto no TUG, o que permitiu ao participante A uma margem de progressão maior ao longo da intervenção.

O presente estudo apresenta algumas limitações que se considera importante assinalar. Tratando-se de um estudo de série de casos, a sua natureza é observacional, as conclusões referem-se apenas aos participantes no estudo, não sendo possível estabelecer uma relação causa-efeito nem generalizar resultados. Adicionalmente, o reduzido número de participantes não permitiu observar tendências.

Outra limitação ao estudo é o facto de não ter sido feito *follow-up*, o que tornaria a investigação mais robusta, permitindo a observação de tendências de longo prazo e gerar conclusões mais abrangentes.

No entanto, esta série de casos permitiu substantiar a necessidade de estudos experimentais, com amostras de dimensão adequada para verificar a eficácia de intervenções com RV em indivíduos pós AVE.

Considerações finais

Tratando-se de um estudo de série de casos, os resultados da presente investigação apenas permitem tirar conclusões para os dois participantes no estudo. Assim, é possível concluir que após doze semanas de intervenção através de RV, recorrendo à consola Nintendo® Wii, foram observadas melhorias no equilíbrio e na velocidade da marcha em dois indivíduos com AVE em fase crónica.

Estudos experimentais futuros com amostras de maior dimensão e incluindo grupos de controlo são recomendados para que seja possível generalizar os resultados obtidos. Sugere-se, por fim, estudar a possível combinação desta intervenção com a fisioterapia convencional, dado tratar-se de um método prático, de fácil utilização e baixo custo e que favorece a motivação dos participantes, como se observou na série de casos apresentada.

Contributo dos autores. Conceptualização, IR; metodologia, IR; validação, BF; recursos, IR; redação do draft original, IR; revisão e validação do texto final, BF; supervisão, BF.

Referências bibliográficas

1. Aho K, Harmsen P, Hatano S, Marquardsen J, Smirnov VE, Strasser T. Cerebrovascular disease in the community: results of a WHO collaborative study. Bull World Health Organ. 1980;58(1):113-30.
2. Fishbein P, Hutzler Y, Ratmansky M, Treger I, Dunskey A. A preliminary study of dual-task training using virtual reality: influence on walking and balance in chronic poststroke survivors. J Stroke Cerebrovasc Dis. 2019;28(11):104343.
3. Marques-Sule E, Arnal-Gómez A, Buitrago-Jiménez G, Suso-Martí L, Cuenca-Martínez F, Espí-López GV. Effectiveness of Nintendo Wii and physical therapy in functionality, balance, and daily activities in chronic stroke patients. J Am Med Dir Assoc. 2021;22(5):1073-80.
4. Demeco A, Zola L, Frizziero A, Martini C, Palumbo A, Foresti R, et al. Immersive virtual reality in post-stroke rehabilitation: a systematic review. Sensors (Basel). 2023;23(3):1712.
5. Schiavinato AM, Machado BC, Pires MA, Baldan C. Influência da realidade virtual no equilíbrio de paciente portador de disfunção cerebelar: estudo de caso [Virtual reality influence on balance of patient with cerebellar dysfunction: case study]. Rev Neurocienc. 2011;19(1):119-27. Portuguese
6. Karasu AU, Batur EB, Karataş GK. Effectiveness of Wii-based rehabilitation in stroke: a randomized controlled study. J Rehabil Med. 2018;50(5):406-12.

7. Madhavan S, Pradhan S. Relationship between Nintendo's Wii balance board derived variables and clinical balance scores in individuals with stroke. *Gait Posture*. 2020;79:170-4.
8. Bang YS, Son KH, Kim HJ. Effects of virtual reality training using Nintendo Wii and treadmill walking exercise on balance and walking for stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(11):3112-5.
9. Mósca E. Contributo para a validação à população portuguesa da escala de equilíbrio de Berg. Alcoitão: Escola Superior de Saúde do Alcoitão; 2001.
10. Berg KO, Maki BE, Williams JI, Holliday PJ, Wood-Dauphinee SL. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992;73(11):1073-80.
11. Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health*. 1992;83 Suppl 2:S7-11.
12. Podsiadlo D, Richardson S. The timed 'Up & Go': a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39(2):142-8.
13. Bonnyaud C, Pradon D, Zory R, Bensmail D, Vuillerme N, Roche N. Gait parameters predicted by Timed Up and Go performance in stroke patients. *NeuroRehabilitation*. 2015;36(1):73-80.
14. Silva LV, Pereira PC, Oliveira LH, Rosa MA. Valores normativos e variabilidade de aplicação do teste Timed Up and Go em idosos: uma revisão de literatura. *Artigos.com*. 2019;10:e2324.
15. Ng SS, Hui-Chan CW. The Timed Up & Go Test: its reliability and association with lower-limb impairments and locomotor capacities in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(8):1641-7.
16. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol*. 1994;49(2):M85-94.
17. Fernández-Huerta L, Córdova-León K. Reliability of two gait speed tests of different timed phases and equal non-timed phases in community-dwelling older persons. *Medwave*. 2019;19(3):e7611.
18. Cabanas-Valdés R, García-Rueda L, Salgueiro C, Pérez-Bellmunt A, Rodríguez-Sanz J, López-de-Celis C. Assessment of the 4-meter walk test test-retest reliability and concurrent

- validity and its correlation with the five sit-to-stand test in chronic ambulatory stroke survivors. *Gait Posture*. 2023;101:8-13.
19. Coutinho NB, Mendes PV, Sime MM. A influência do uso do Nintendo Wii® na reabilitação de um paciente com sequelas de acidente vascular cerebral: um estudo de caso [The influence of the use of Nintendo Wii® in a rehabilitation process of a patient with stroke sequels: a case study]. *REVISBRATO – Rev Interinst Bras Ter Ocup*. 2020;4(1):81-9. Portuguese
 20. Kwakkel G, van Peppen R, Wagenaar RC, Dauphinee SW, Richards C, Ashburn A, et al. Effects of augmented exercise therapy time after stroke: a meta-analysis. *Stroke*. 2004;35(11):2529-39.
 21. Ribeiro NM, Ferraz DD, Pedreira É, Pinheiro Í, Pinto AC, Neto MG, et al. Virtual rehabilitation via Nintendo Wii® and conventional physical therapy effectively treat post-stroke hemiparetic patients. *Top Stroke Rehabil*. 2015;22(4):299-305.
 22. Lopes SM, Ribeiro BF, Corrêa LN, Batista MG, Fonseca BG, Santos CM, et al. Os efeitos da realidade virtual para reabilitação de pacientes pós AVE [The effects of virtual reality for rehabilitation of post stroke patients]. *Braz J Dev*. 2023;9(1):5733-48. Portuguese
 23. Lee HY, Kim YL, Lee SM. Effects of virtual reality-based training and task-oriented training on balance performance in stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(6):1883-8.
 24. Yatar GI, Yildirim SA. Wii Fit balance training or progressive balance training in patients with chronic stroke: a randomised controlled trial. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(4):1145-51.
 25. Navakkode S, Kennedy BK. Neural ageing and synaptic plasticity: prioritizing brain health in healthy longevity. *Front Aging Neurosci*. 2024;16:1428244.
 26. Gazerani P. The neuroplastic brain: current breakthroughs and emerging frontiers. *Brain Res*. 2025;1858:149643.

Conflito de interesses

Os autores declaram não possuir quaisquer conflitos de interesse.

Artigo recebido em 17.09.2024 e aprovado em 10.06.2025