

# Walking training associated with virtual reality-based training increases walking speed of individuals with chronic stroke: systematic review with meta-analysis

Treino direcionado à marcha associado ao uso de realidade virtual aumenta a velocidade de marcha de indivíduos com hemiparesia crônica: revisão sistemática com metanálise

Juliana M. Rodrigues-Baroni<sup>1</sup>, Lucas R. Nascimento<sup>2,3</sup>, Louise Ada<sup>2</sup>,  
Luci F. Teixeira-Salmela<sup>3</sup>

**ABSTRACT | Objective:** To systematically review the available evidence on the efficacy of walking training associated with virtual reality-based training in patients with stroke. The specific questions were: Is walking training associated with virtual reality-based training effective in increasing walking speed after stroke? Is this type of intervention more effective in increasing walking speed, than non-virtual reality-based walking interventions? **Method:** A systematic review with meta-analysis of randomized clinical trials was conducted. Participants were adults with chronic stroke and the experimental intervention was walking training associated with virtual reality-based training to increase walking speed. The outcome data regarding walking speed were extracted from the eligible trials and were combined using a meta-analysis approach. **Results:** Seven trials representing eight comparisons were included in this systematic review. Overall, the virtual reality-based training increased walking speed by 0.17 m/s (IC 95% 0.08 to 0.26), compared with placebo/nothing or non-walking interventions. In addition, the virtual reality-based training increased walking speed by 0.15 m/s (IC 95% 0.05 to 0.24), compared with non-virtual reality walking interventions. **Conclusions:** This review provided evidence that walking training associated with virtual reality-based training was effective in increasing walking speed after stroke, and resulted in better results than non-virtual reality interventions.

**Keywords:** cerebrovascular disease; virtual reality; gait; systematic review, rehabilitation.

## HOW TO CITE THIS ARTICLE

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 Nov-Dec; 18(6):502-512. <http://dx.doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0062>

**RESUMO | Objetivo:** Revisar estudos sobre a eficácia do treino direcionado à marcha associado à realidade virtual em pacientes pós-acidente vascular encefálico (AVE). As perguntas clínicas foram: o treino direcionado à marcha associado à realidade virtual é eficaz para promover aumento em velocidade de marcha de indivíduos com hemiparesia? Essa modalidade de intervenção promove maior aumento em velocidade de marcha comparada a outras intervenções sem uso de realidade virtual? **Método:** Foi realizada uma revisão sistemática com metanálise de ensaios clínicos aleatorizados. Os participantes eram adultos pós-AVE, e a intervenção experimental considerada foi o treino direcionado à marcha associado ao uso de realidade virtual com o objetivo de melhorar a velocidade de marcha. Os dados referentes à velocidade de marcha foram extraídos para combinação por metanálise. **Resultados:** Sete estudos representando oito comparações foram incluídos nesta revisão sistemática. O treino de marcha associado à realidade virtual aumentou a velocidade de marcha dos participantes, em média, 0,17 m/s (IC 95% 0,08 a 0,26) comparado à intervenção placebo, não intervenção ou intervenção não específica para os membros inferiores. Adicionalmente, o treino associado à realidade virtual aumentou a velocidade de marcha dos participantes, em média, 0,15 m/s (IC 95% 0,05 a 0,24) comparado a diferentes intervenções destinadas aos membros inferiores sem uso de realidade virtual associada. **Conclusões:** Esta revisão sistemática apresentou evidência clínica de que a adição da realidade virtual ao treino de marcha demonstrou ser eficaz para aumentar a velocidade de marcha de indivíduos com hemiparesia e apresentou melhores resultados, quando se compara a outras intervenções sem uso de realidade virtual.

**Palavras-chave:** acidente vascular encefálico; realidade virtual; marcha; revisão sistemática; reabilitação.

<sup>1</sup>Rede Sarah de Hospitais de Reabilitação, Belo Horizonte, MG, Brasil

<sup>2</sup>Discipline of Physiotherapy, Faculty of Health Sciences, The University of Sydney, Sydney (NSW), Australia

<sup>3</sup>Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil

Received: 12/19/2013 Revised: 04/02/2014 Accepted: 07/01/2014

## ● Introdução

Os indivíduos que sobrevivem a um episódio de acidente vascular encefálico (AVE) frequentemente apresentam deficiências motoras, que estão relacionadas a limitações em atividades e restrições na participação social. Limitações em marcha são consideradas uma das principais incapacidades após AVE, uma vez que a capacidade de deambular está diretamente relacionada à independência funcional<sup>1,2</sup>. De acordo com Alzahrani et al.<sup>3</sup>, um desempenho ruim durante a marcha pós-AVE determina limitações nas atividades domiciliares e comunitárias, tornando os indivíduos restritos ao domicílio e isolados da comunidade.

Usualmente, os valores médios de velocidade de marcha em indivíduos com hemiparesia variam entre 0,4 e 0,8 m/s<sup>4-6</sup>. Indivíduos que deambulam abaixo de 0,4 m/s são considerados deambuladores restritos ao domicílio; indivíduos que deambulam com velocidades entre 0,4 e 0,8 m/s são considerados deambuladores comunitários; e indivíduos com velocidades acima de 0,8 m/s são capazes de deambular na sociedade sem limitações substanciais<sup>4</sup>. Dessa forma, é de grande interesse em estudos clínicos avaliar a efetividade de abordagens que promovam incrementos na velocidade de marcha, uma vez que adequados valores de velocidade de marcha estão relacionados à maior participação social e melhor qualidade de vida nessa população<sup>3,4</sup>. Embora revisões sistemáticas prévias tenham indicado a eficácia do treino de marcha em solo e em esteira ergométrica para melhora da velocidade de marcha<sup>5-7</sup>, continuamente novas técnicas e instrumentos são adicionados ao usual treino de marcha, visando a potencializar os efeitos de intervenção para uma limitação considerada de grande impacto na população de indivíduos com hemiparesia.

Alguns estudos demonstraram que a realidade virtual pode ser uma ferramenta útil para reabilitação de indivíduos com hemiparesia, e seus efeitos relacionados à velocidade de marcha pós-AVE começaram a ser investigados<sup>8-11</sup>. Por definição, a realidade virtual é uma simulação de um ambiente real gerado por um *software* de computador que permite ao usuário interagir com elementos dentro de um cenário que simula objetos e tarefas do mundo real<sup>5</sup>. Existe uma grande variedade de interfaces para interagir com o ambiente virtual, incluindo desde dispositivos mais comuns, como *mouse* e teclado ou um *joystick*, até complexos sistemas de captura de movimentos ou dispositivos que permitem aferências sensoriais, fornecendo ao usuário a sensação de

alcançar alvos e desviar de objetos similares aos obstáculos do mundo real<sup>11,12</sup>.

De acordo com Dobkin<sup>13</sup>, a adição de elementos de realidade virtual durante a reabilitação da marcha é vantajosa por oferecer treinamento aos pacientes em ambiente virtual similar ao contexto real vivenciado pelos pacientes no dia a dia. Ademais, ambientes virtuais são descritos por crianças e adultos como elementos motivadores capazes de encorajar maior tempo de prática e maior número de repetições, fatores considerados importantes na reabilitação de indivíduos com alterações neurológicas<sup>8,14</sup>. Especificamente em relação à reabilitação da marcha, a utilização de ambientes virtuais permite a terapeutas graduar progressivamente o nível de dificuldade de modo a desafiar pacientes e fornecer *feedback* imediato sobre desempenho na tarefa, além de praticar tarefas consideradas inseguras no treinamento de marcha em ambiente real, tais como transpor obstáculos e atravessar ruas<sup>8,13</sup>.

Dois revisões sistemáticas prévias avaliaram o efeito de treinos de marcha associados ao uso de realidade virtual para recuperação de marcha de indivíduos pós-AVE. Uma revisão da *Cochrane*<sup>8</sup> reportou um aumento não significativo de 0,07 m/s (IC 95% -0,09 a 0,23) baseada em três ensaios clínicos aleatorizados. Uma segunda revisão<sup>9</sup>, publicada recentemente, incluiu quatro ensaios clínicos aleatorizados e concluiu que a reabilitação associada à realidade virtual apresentou benefícios na marcha de indivíduos com hemiparesia decorrente de AVE. Entretanto, os autores relataram heterogeneidade clínica entre os estudos e impossibilidade de realização de metanálise. Dessa forma, os resultados sobre a associação de realidade virtual ao treinamento motor para melhora de marcha pós-AVE permanecem inconclusivos. Ademais, não foram encontradas revisões que analisaram separadamente a eficácia do treino direcionado à marcha associado à realidade virtual e a superioridade desse recurso em comparação a outras intervenções relacionadas à marcha.

Portanto, o objetivo desta revisão sistemática é examinar o efeito da adição de realidade virtual ao treino direcionado à reabilitação da marcha de indivíduos pós-AVE em relação à velocidade de marcha. As perguntas clínicas específicas são:

1. Treino direcionado à marcha associado à realidade virtual é eficaz para promover aumento na velocidade de marcha de indivíduos com hemiparesia?
2. Treino direcionado à marcha associado à realidade virtual promove maior aumento na

velocidade de marcha comparado a diferentes intervenções específicas em membros inferiores sem uso de realidade virtual?

Com o objetivo de propor recomendações clínicas baseadas em um alto nível de evidência científica, esta revisão planejou incluir apenas ensaios clínicos aleatorizados ou ensaios clínicos controlados.

## ● Método

### Identificação e seleção dos estudos

Foi realizada busca bibliográfica nas seguintes bases de dados: *Medline* (1946 a julho de 2013), *PEDro* (até julho de 2013) e *Embase* (1980 a julho de 2013), sem restrição de idioma de publicação. Para identificação de estudos relevantes, foram realizadas buscas utilizando palavras-chave relacionadas a acidente vascular encefálico (*stroke*), combinadas às relacionadas à realidade virtual (*virtual reality*, *videogames*, *flow optic*) e marcha (*gait*) (Anexo 1). A análise do título e resumo dos artigos encontrados foi realizada por um revisor para identificação de estudos relevantes. As referências bibliográficas dos artigos encontrados foram revisadas para identificação de outros estudos potenciais. Dois revisores realizaram a seleção dos estudos a partir de critérios pré-determinados. Uma síntese dos critérios pode ser encontrada no material suplementar referente a esse manuscrito (Anexo 1S\*).

### Avaliação dos estudos

**Qualidade:** A qualidade metodológica dos estudos incluídos foi avaliada de acordo com a escala *PEDro*, descrita na base de dados *Physiotherapy Evidence Database*<sup>15</sup>. A escala, composta por 11 itens, avalia a qualidade metodológica (validade interna e informação estatística) de ensaios clínicos aleatorizados. Cada item, exceto o primeiro, contribui com um ponto para o escore final de 10 pontos. Foi utilizada a pontuação dos estudos descrita no endereço eletrônico da base de dados. A pontuação dos estudos não incluídos na base de dados *PEDro* ou não pontuados foi realizada pelos autores deste estudo.

**Participantes:** Estudos cujos participantes eram adultos com hemiparesia decorrente de AVE, capazes de deambular com ou sem assistência, foram incluídos. Informações relacionadas ao número de

participantes, idade, tempo pós-AVE e velocidade de marcha inicial foram registrados para analisar similaridade entre os estudos selecionados.

**Intervenção:** A intervenção experimental foi treino direcionado à marcha associado ao uso de realidade virtual, com o objetivo de melhorar a velocidade de marcha de indivíduos com hemiparesia decorrente de AVE. Foi considerada realidade virtual a simulação de um ambiente real gerado por um *software* de computador, permitindo ao usuário interagir com elementos dentro de um cenário simulado por meio de diversas interfaces: *mouse*, teclado, *joystick*, luvas e/ou sistemas de captura de movimentos<sup>11,12</sup>. Foram incluídos estudos que utilizaram formas de realidade virtual imersiva e não imersiva, assim como estudos com uso de consoles de *videogame* disponíveis comercialmente<sup>8</sup>.

O grupo controle foi definido e selecionado de acordo com cada pergunta clínica: (i) para avaliar a eficácia do treino direcionado à marcha associado ao uso de realidade virtual, o grupo controle poderia ter intervenção placebo, não intervenção ou intervenção não específica aos membros inferiores (marcha); (ii) para avaliar a superioridade da reabilitação associada ao uso de realidade virtual, o grupo controle poderia incluir uma diferente modalidade de treino direcionado aos membros inferiores, não associada ao uso de realidade virtual.

**Medida de desfecho:** O desfecho clínico considerado foi a velocidade de marcha confortável, apresentada neste estudo em metros por segundos (m/s). O tempo de mensuração e procedimentos de mensuração da variável de desfecho foram analisados para avaliar a similaridade entre os estudos.

### Análise dos dados

Informações sobre o método dos estudos (desenho, participantes, intervenção e medidas de desfecho) e resultados (número de participantes e médias (DP) de variáveis relacionadas à marcha) foram extraídas por um revisor e checadas por um segundo revisor. Caso informações necessárias não estivessem presentes na versão publicada dos estudos, detalhes adicionais seriam solicitados ao autor por correspondência.

Valores de pós-intervenção foram utilizados para estimar o tamanho de efeito agrupado entre os estudos. O tamanho de efeito foi extraído utilizando *fixed effects model* e reportado como diferença média ponderada (MD) com respectivos intervalos de confiança de 95%. Em caso de heterogeneidade estatística significativa entre os estudos ( $I^2 > 50\%$ ),

\*Veja material suplementar disponível na versão online no site [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_issues&pid=1413-3555&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issues&pid=1413-3555&lng=en&nrm=iso)

o tamanho de efeito seria analisado utilizando *random effects model* para avaliar a robustez dos resultados. As análises foram realizadas utilizando o programa estatístico *The MIX-Meta-Analysis Made Easy* – versão 1.7<sup>16,17</sup>, considerando nível de significância de 5% (*two-tailed*) para avaliação de significância em heterogeneidade estatística. Caso os dados não estivessem disponíveis para serem incluídos na metanálise ou não pudessem ser incluídos na combinação, a diferença entre os grupos de comparação seria descrita.

## ● Resultados

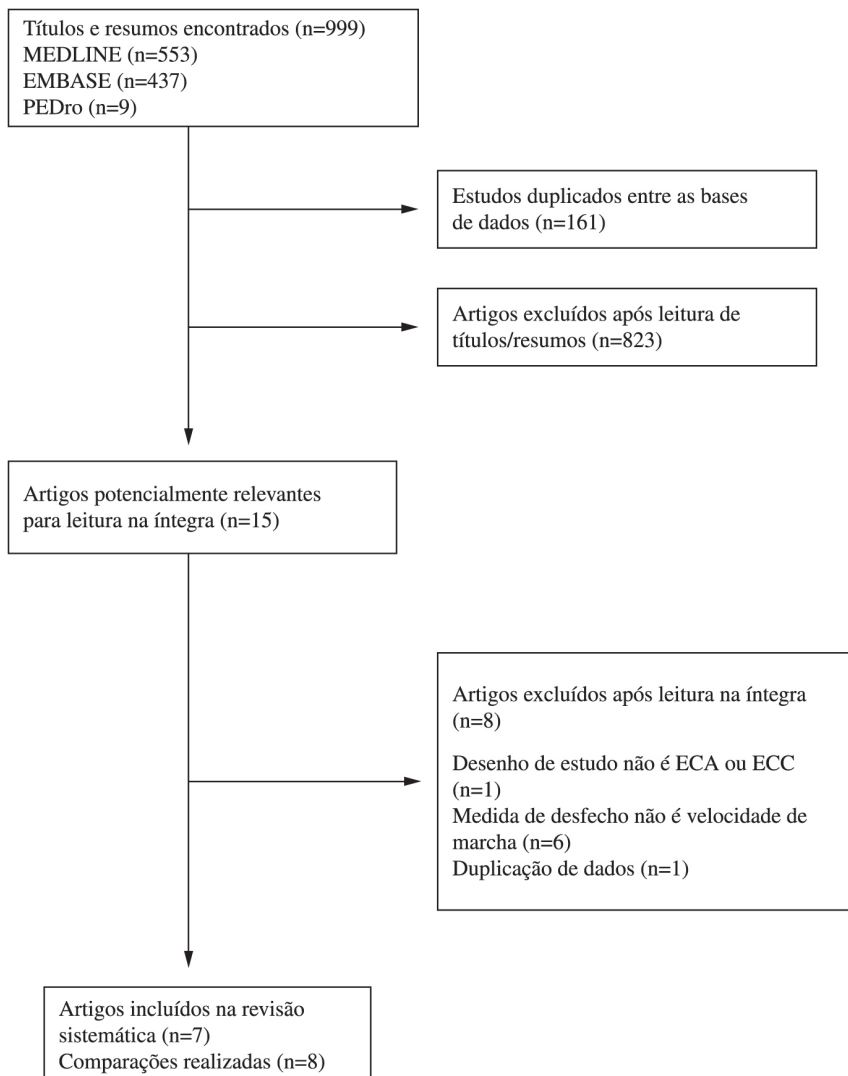
### Seleção dos estudos para revisão

A pesquisa nas bases de dados identificou 999 artigos relevantes para leitura de títulos e resumos.

Após leitura de título e resumos, foram selecionados 15 estudos potencialmente capazes de responder às perguntas clínicas desta revisão. Após a análise dos estudos de acordo com os critérios de inclusão, foram selecionados oito estudos. Após a extração dos dados, um estudo<sup>18</sup> foi excluído por apresentar duplicação dos resultados da variável de desfecho com um segundo estudo<sup>19</sup>, totalizando sete estudos como amostra final desta revisão sistemática (Figura 1).

### Características dos estudos incluídos

Sete estudos envolvendo um total de 154 participantes investigaram a eficácia do treino direcionado à marcha associado ao uso de realidade virtual para melhora de velocidade de marcha em indivíduos com AVE e foram incluídos nesta revisão



**Figura 1.** Seleção dos estudos para a revisão sistemática. ECA = ensaio clínico aleatorizado; ECC = ensaio clínico controlado.

**Tabela 1.** Resumo dos estudos incluídos (n=7).

Estudo	Desenho	Participantes	Intervenção	Avaliação da velocidade de marcha (semana)
Cho e Lee <sup>23</sup>	ECA	n=14 Idade (anos): 65 (4) Tempo de lesão (meses): 10 (2) VM: 0,53 (0,17)	Exp = Treino em esteira ergométrica associado à realidade virtual 30min x 3/sem x 6sem Con = Treino em esteira ergométrica 30min x 3/sem x 6sem Ambos = Fisioterapia usual	0 e 6
Fritz et al. <sup>21</sup>	ECA	n=28 Idade (anos): 66 (10) Tempo de lesão (meses): 36 (35) VM: 0,57 (0,30)	Exp = Exercícios com <i>videogames</i> 60min x 4/sem x 5sem Con = Nenhuma intervenção	0, 5 e 12
Jaffe et al. <sup>24</sup>	ECA	n=20 Idade (anos): 62 (10) Tempo de lesão (meses): 45 (29) VM: 0,55 (0,19)	Exp = Transpor obstáculos virtuais em esteira ergométrica 60min x 3/sem x 2sem Con = Transpor obstáculos no chão 30min x 3/sem x 2sem	0, 2 e 4
Kang et al. <sup>20</sup>	ECA	n=30 Idade (anos): 56 (7) Tempo de lesão (meses): 14 (5) VM: 0,5 (0,16)	Exp = Treino em esteira ergométrica associado à realidade virtual 30min x 3/sem x 4sem Con1 = Treino em esteira ergométrica 30min x 3/sem x 4sem Con2 = Exercícios de flexibilidade 30min x 3/sem x 4sem Todos = Fisioterapia convencional	0 e 4
Kim et al. <sup>22</sup>	ECA	n=24 Idade (anos): 52 (8) Tempo de lesão (meses): 24 (9) VM: 0,46 (0,15)	Exp = Exercícios com <i>videogames</i> 30min x 4/sem x 4sem Con = Nenhuma intervenção Ambos = Fisioterapia convencional	0 e 4
Mirelman et al. <sup>19</sup>	ECA	n=18 Idade (anos): 62 (9) Tempo de lesão (meses): 48 (26) VM: 0,66 (0,27)	Exp = Movimentos de tornozelo com alvo e <i>feedback</i> fornecidos por realidade virtual 60min x 3/sem x 4sem Con = Movimentos de tornozelo com alvo e <i>feedback</i> fornecidos sem uso de realidade virtual 60min x 3/sem x 4sem	0, 4 e 7
Yang et al. <sup>25</sup>	ECA	n=20 Idade (anos): 61 (11) Tempo de lesão (meses): 72 (87) VM: 0,70 (0,44)	Exp = Treino em esteira ergométrica associado à realidade virtual 20min x 3/sem x 3sem Con = Treino em esteira ergométrica 20min x 3/sem x 3sem	0, 3 e 7

# Grupos e variáveis de desfecho listadas correspondem àquelas analisadas nesta revisão sistemática, podendo haver outros grupos e variáveis nos artigos. ECA = ensaio clínico aleatorizado, VM = velocidade de marcha inicial (m/s), Exp = grupo experimental, Con = grupo controle.

sistemática (Tabela 1). Como o estudo realizado por Kang et al.<sup>20</sup> apresentou dois grupos controle, um total de oito comparações foi realizado. Três estudos<sup>20-22</sup> compararam o treino direcionado à marcha associado à realidade virtual com intervenção placebo, não intervenção ou intervenção não específica aos membros inferiores (Questão 1). Cinco estudos<sup>19,20,23-25</sup> compararam o treino direcionado à marcha associado à realidade virtual com uma diferente modalidade

de treino direcionado aos membros inferiores, não associado ao uso de realidade virtual (Questão 2).

**Qualidade:** A pontuação média de acordo com a escala *PEDro* foi de 6.1 pontos, variando de 4 a 8 pontos (Tabela 2). Todos os estudos incluídos realizaram a alocação aleatória dos participantes nos grupos, garantiram a similaridade inicial entre os grupos e analisaram medidas de tendência central e variabilidade. A maioria dos estudos incluídos

**Tabela 2.** Itens da escala *PEDro* e pontuação dos estudos incluídos (n=7).

Study	Alocação aleatória	Alocação cega	Grupos similares	Cegamento de participantes	Cegamento de terapeutas	Cegamento de avaliadores	<15% de perda amostral	Análise por intenção de tratar	Diferença entre grupos	Medidas de tendência central e variabilidade	Total (0 to 10)
Cho e Lee <sup>23</sup>	S	S	S	N	N	S	S	N	S	S	7
Fritz et al. <sup>21</sup>	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	8
Jaffè et al. <sup>24</sup>	S	N	S	N	N	N	S	N	N	S	4
Kang et al. <sup>20</sup>	S	S	S	N	N	S	S	N	S	S	7
Kim et al. <sup>22</sup>	S	N	S	S	N	S	N	N	S	S	6
Mirelman et al. <sup>19</sup>	S	N	S	N	N	S	N	N	S	S	5
Yang et al. <sup>25</sup>	S	S	S	N	N	S	N	N	S	S	6

S= sim; N=não.

informou que a distribuição dos participantes foi cega (57%), apresentou menos de 15% de perda amostral (57%), reportou as diferenças estatísticas entre os grupos (86%) e cegamento dos avaliadores (86%). Entretanto, a maior parte dos estudos não reportou análise por intenção de tratar (86%). Apenas um estudo realizou o cegamento dos participantes<sup>22</sup>, e nenhum estudo realizou cegamento dos terapeutas, ações consideradas difíceis de serem realizadas em intervenções complexas.

**Participantes:** A média de idade dos participantes incluídos nos estudos variou entre 52 e 66 anos. Todos os estudos avaliaram indivíduos com tempo de lesão superior a seis meses, caracterizando um quadro de hemiparesia crônica (variação: dez a 72 meses). O tamanho da amostra incluída nos estudos variou entre 14 e 30 participantes, alocados em grupos experimental e controle(s). Todos os participantes eram capazes de deambular de forma independente no início dos estudos, com velocidade média inicial equivalente a 0,57 m/s, variando entre 0,46 e 0,70 m/s na comparação entre estudos.

**Intervenção:** Em todos os estudos, o grupo experimental recebeu o treino direcionado à marcha associado ao uso da realidade virtual. O uso da realidade virtual foi conduzido em conjunto com treino em esteira ergométrica em quatro estudos<sup>20,23-25</sup>, com exercícios com uso de *videogames* em dois estudos<sup>21,22</sup> e com cinesioterapia em movimentos específicos do tornozelo em um estudo<sup>19</sup>. Três estudos<sup>20,22,23</sup> descreveram adicionalmente o uso de tratamento fisioterapêutico usual em ambos os grupos, experimental e controle.

A maioria dos estudos utilizou realidade virtual imersiva durante o tratamento destinado ao grupo experimental. Esses estudos<sup>20,23-25</sup> utilizaram imagens virtuais acopladas à esteira ergométrica, permitindo alterações de velocidade da esteira de acordo com as imagens virtuais geradas. A realidade virtual não imersiva foi o recurso usado nos outros três estudos<sup>19,21,22</sup>. Nos estudos de Kim et al.<sup>22</sup> e Fritz et al.<sup>21</sup>, câmeras de vídeo para capturar imagem corporal e permitir a interação com objetos na realidade virtual foram utilizadas. Já o estudo de Mirelman et al.<sup>19</sup> utilizou *feedback* visual na tela do computador e *feedback* tátil de movimentos realizados. Dentre os estudos incluídos, apenas o estudo de Fritz et al.<sup>21</sup> utilizou equipamento de realidade virtual disponível comercialmente (*Nintendo Wii*).

**Medida de desfecho:** A maioria dos estudos utilizou um teste clínico para avaliação de velocidade de marcha baseado no teste de caminhada de 10 metros<sup>26</sup>, com variações no tamanho do corredor utilizado: 12 metros<sup>25</sup>, 10 metros<sup>20,22</sup>, 7 metros<sup>19</sup>, 6 metros<sup>24</sup>, e 3 metros<sup>21</sup>. Apenas um estudo<sup>23</sup> utilizou equipamento específico (*GAITRite*) para avaliação da velocidade de marcha. Todos os dados são referentes à velocidade de marcha confortável e foram descritos em metros por segundo (m/s) nesta revisão sistemática.

### Efeito do treino associado à realidade virtual em velocidade de marcha

O efeito do treino associado ao uso de realidade virtual em velocidade de marcha imediatamente após intervenção foi obtido analisando dados

provenientes de três estudos<sup>20-22</sup> com média de 7 pontos na escala *PEDro*, representando boa qualidade metodológica<sup>27</sup>. A associação dos elementos de realidade virtual ao treino de locomoção aumentou a velocidade de marcha dos participantes, em média, 0,17 m/s (IC 95% 0,08 a 0,26; *fixed effects model*  $I^2=0\%$ ), comparando-se à intervenção placebo, não intervenção ou intervenção não específica aos membros inferiores (Figura 2A).

### Efeito do treino associado à realidade virtual em velocidade de marcha comparado ao treino sem uso de realidade virtual

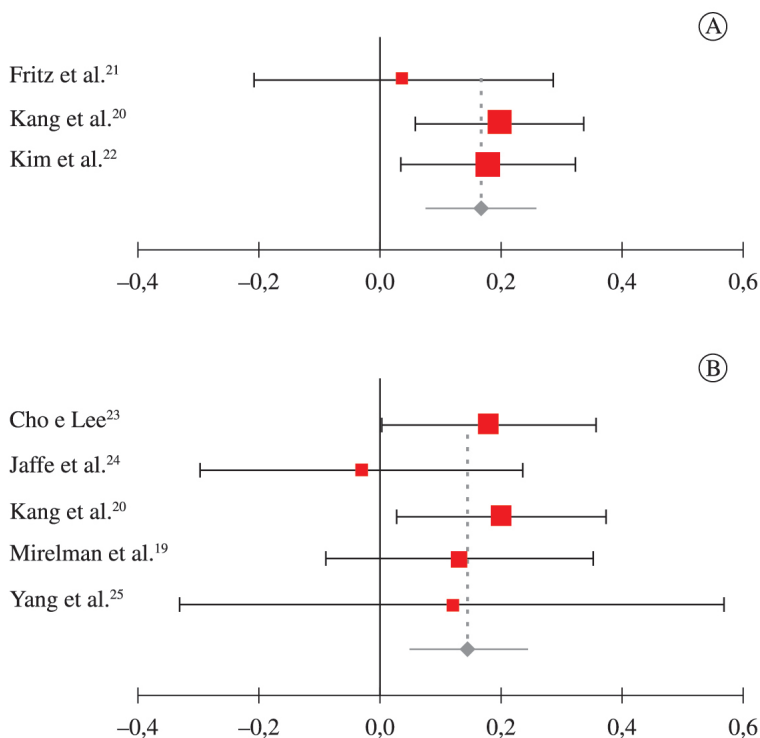
A superioridade do treino associado ao uso de realidade virtual em velocidade de marcha imediatamente após intervenção foi obtida analisando dados provenientes de cinco estudos<sup>19,20,23-25</sup> com média de 5,8 pontos na escala *PEDro*, representando moderada qualidade metodológica<sup>27</sup>. A associação dos elementos de realidade virtual ao treino locomotor aumentou a velocidade de marcha dos participantes, em média, 0,15 m/s (IC 95% 0,05 a 0,24; *fixed effects model*  $I^2=0\%$ ), comparando-se a

outra intervenção destinada aos membros inferiores sem uso de realidade virtual associada (Figura 2B).

## ● Discussão

Esta revisão sistemática apresentou evidência clínica de que o treino direcionado à marcha associado ao uso da realidade virtual demonstrou ser eficaz para aumentar a velocidade de marcha de indivíduos com hemiparesia. Clinicamente, esse resultado indica que o treino direcionado à marcha associado ao uso de realidade virtual é mais benéfico aos pacientes quando comparado à ausência de intervenção ou a intervenções cujo objetivo não esteja direcionado à melhora da marcha. Além disso, os resultados demonstraram que o treino direcionado à marcha associado ao uso da realidade virtual resultou em maiores ganhos na velocidade de marcha quando comparado a outras intervenções direcionadas aos membros inferiores sem uso de realidade virtual.

A metanálise indicou que o treino associado à realidade virtual aumentou a velocidade de marcha em 0,17 m/s. Esta é a primeira metanálise que avaliou a eficácia dessa intervenção para melhorar



**Figura 2. A.** Diferença média (IC 95%) do efeito do treino direcionado à marcha associado à realidade virtual versus intervenção placebo, não intervenção ou intervenção não direcionada aos membros inferiores em velocidade de marcha imediatamente após intervenção (n=72). **B.** Diferença média (IC 95%) do efeito do treino direcionado à marcha associado à realidade virtual versus treino direcionado aos membros inferiores sem uso de realidade virtual em velocidade de marcha imediatamente após intervenção (n=92).

a velocidade de marcha nessa população. Ademais, esse achado aparenta ser clinicamente relevante, uma vez que Tilson et al.<sup>28</sup> relataram que aumentos maiores que 0,16 m/s na velocidade de marcha representam melhora de níveis de incapacidade e sugeriram o uso desse valor como alvo terapêutico em intervenções de reabilitação da marcha. A metanálise da presente revisão sistemática também indicou que o treino direcionado à marcha associado à realidade virtual aumentou a velocidade de marcha em 0,15 m/s a mais, comparado a outras intervenções destinadas à melhora da marcha sem uso da realidade virtual. Uma revisão sistemática prévia<sup>8</sup> reportou diferença não significativa após adição do uso da realidade virtual à reabilitação motora. O fato de a presente revisão incluir dois novos ensaios clínicos à metanálise aumentou o poder estatístico e permitiu a identificação do efeito de intervenção não encontrado na revisão anterior.

A presente revisão avaliou os efeitos da adição da realidade virtual a diferentes modalidades de intervenção relacionadas à reabilitação da marcha em indivíduos pós-AVE. Embora o treino associado tenha apresentado características específicas relacionadas a cada estudo (treino ergométrico<sup>20,23-25</sup>, exercícios com videogames<sup>21,22</sup> ou cinesioterapia específica<sup>19</sup>), de modo geral, os estudos incluídos são similares em relação ao tempo de treinamento (média: 41 min; DP: 18), duração da intervenção (4 sem; DP: 1), características dos participantes e propósito da intervenção. Ademais, os resultados estatísticos ( $I^2=0\%$ ) indicaram que os estudos são similares em termos metodológicos, possibilitando a combinação dos dados na metanálise em ambas as perguntas clínicas. Esses dados atestam similaridade entre os estudos, garantem ausência de heterogeneidade clínica e estatística e, dessa forma, suportam a evidência clínica de que a adição da realidade virtual ao treino direcionado à marcha em indivíduos com AVE é benéfica quando o objetivo é melhorar velocidade de marcha.

Apesar de intervenções com realidade virtual apresentarem ganhos superiores, outros fatores não avaliados na presente revisão sistemática, como preferências do cliente, habilidades do terapeuta e custo de intervenção, devem ser considerados pelos clínicos antes de definir a modalidade de intervenção mais adequada para a reabilitação da marcha de indivíduos com hemiparesia. Como fator positivo, observa-se que, recentemente, a indústria do entretenimento tem disponibilizado sistemas de

realidade virtual de menor custo, tais como *Nintendo Wii*, *Kinect* e *Playstation*, aumentando o acesso de centros de reabilitação e usuários domésticos a essa tecnologia<sup>29,30</sup>. Entretanto, dentre os estudos incluídos na presente revisão sistemática, apenas o estudo de Fritz et al.<sup>21</sup> utilizou equipamento disponível comercialmente, e os resultados isolados não demonstraram diferenças entre grupos para velocidade de marcha (diferença média: 0,04 m/s (IC 95% -0,22 a 0,30)). Uma análise por subgrupos guiada por tipo de realidade virtual não foi possível em função de indisponibilidade de estudos. Dessa forma, novos ensaios clínicos que avaliem a eficácia do treino associado à realidade virtual por meio de dispositivos comercialmente disponíveis são encorajados.

A presente revisão apresenta pontos positivos e limitações. Os principais vieses relacionados aos estudos foram falta de cegamento dos terapeutas e dos participantes. No entanto, vale ressaltar que cegamento dos participantes e terapeutas é considerado difícil ou impraticável em intervenções complexas como as relacionadas à reabilitação da marcha. Além disso, a maior parte dos ensaios clínicos aleatorizados encontrados não reportou análise por intenção de tratar. Por outro lado, apesar da presença de algumas limitações metodológicas, a média na escala *PEDro*, equivalente a 6,1, representa boa qualidade metodológica<sup>27</sup> dos ensaios incluídos nesta revisão. Outro ponto positivo foi o fato de todos os estudos incluírem o mesmo desfecho clínico - velocidade de marcha - fator não usual em estudos de reabilitação. Isso permitiu a apresentação do efeito de intervenção em uma medida clínica real. Ademais, o fato de a revisão incluir apenas estudos com reabilitação motora associada à realidade virtual direcionada à reabilitação da velocidade de marcha tornou os resultados específicos às perguntas clínicas propostas.

## ● Conclusões

A atual revisão sistemática forneceu evidência clínica da eficácia da adição da realidade virtual ao treino direcionado à marcha para melhora da velocidade de marcha de indivíduos pós-AVE quando se compara a intervenções placebo ou ausência de intervenção. Além disso, a revisão indicou que o treino direcionado à marcha associado à realidade virtual demonstrou ser mais eficaz do que apenas o treino usual para melhorar velocidade de marcha.



Esses resultados estão embasados na metanálise de sete ensaios clínicos aleatorizados de boa qualidade metodológica. Clínicos devem, portanto, sentir-se confiantes na prescrição de exercícios com uso de realidade virtual quando o objetivo for o aumento da velocidade de marcha pós-AVE. Outros fatores, como preferências do cliente, habilidades do terapeuta e custo de intervenção, devem ser considerados antes de definir a modalidade de intervenção mais adequada a cada cliente.

## ● Agradecimentos

Às agências de fomento nacionais: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), Brasil.

## ● Referências

- Horvath M, Tihanyi T, Tihanyi J. Kinematic and kinetic analyses of gait patterns in hemiplegic patients. *Facta Univ.* 2011;1(8):25-35.
- Robinson CA, Shumway-Cook A, Matsuda PN, Ciol MA. Understanding physical factors associated with participation in community ambulation following stroke. *Disabil Rehabil.* 2011;33(12):1033-42. <http://dx.doi.org/10.3109/09638288.2010.520803>. PMID:20923316.
- Alzahrani M, Dean C, Ada L. Relationship between walking performance and types of community-based activities in people with stroke: an observational study. *Rev Bras Fisioter.* 2011;15(1):45-51. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552011005000002>. PMID:21390472.
- Schmid A, Duncan PW, Studenski S, Lai SM, Richards L, Perera S, et al. Improvements in speed-based gait classifications are meaningful. *Stroke.* 2007;38(7):2096-100. <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.106.475921>. PMID:17510461.
- Ada L, Dean CM, Vargas J, Ennis S. Mechanically assisted walking with body weight support results in more independent walking than assisted overground walking in non-ambulatory patients early after stroke: a systematic review. *J Physiother.* 2010;56(3):153-61. [http://dx.doi.org/10.1016/S1836-9553\(10\)70020-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1836-9553(10)70020-5). PMID:20795921.
- Polese JC, Ada L, Dean CM, Nascimento LR, Teixeira-Salmela LF. Treadmill training is effective for ambulatory adults with stroke: a systematic review. *J Physiother.* 2013;59(2):73-80. [http://dx.doi.org/10.1016/S1836-9553\(13\)70159-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1836-9553(13)70159-0). PMID:23663792.
- States RA, Salem Y, Pappas E. Overground gait training for individuals with chronic stroke: a Cochrane systematic review. *J Neurol Phys Ther.* 2009;33(4):179-86. <http://dx.doi.org/10.1097/NPT.0b013e3181c29a8c>. PMID:20208461
- Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011;9:CD008349. <http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub2>. PMID:21901720.
- Moreira MC, de Amorim Lima AM, Ferraz KM, Benedetti Rodrigues MA. Use of virtual reality in gait recovery among post stroke patients—a systematic literature review. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2013;8(5):357-62. <http://dx.doi.org/10.3109/17483107.2012.749428>. PMID:23614694.
- Mouawad MR, Doust CG, Max MD, McNulty PA. Wii-based movement therapy to promote improved upper extremity function post-stroke: a pilot study. *J Rehabil Med.* 2011;43(6):527-33. <http://dx.doi.org/10.2340/16501977-0816>. PMID:21533334.
- Saposnik G, Levin M, Outcome Research Canada (SORCan) Working Group. Virtual reality in stroke rehabilitation: a meta-analysis and implications for clinicians. *Stroke.* 2011;42(5):1380-6. <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.605451>. PMID:21474804.
- Peñasco-Martín B, de los Reyes-Guzmán A, Gil-Agudo Á, Bernal-Sahún A, Pérez-Aguilar B, de la Peña-González AI. Application of virtual reality in the motor aspects of neurorehabilitation. *Rev Neurol.* 2010;51(8):481-8. PMID:20925030.
- Dobkin BH. Strategies for stroke rehabilitation. *Lancet Neurol.* 2004;3(9):528-36. [http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422\(04\)00851-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422(04)00851-8). PMID:15324721.
- Thornton M, Marshall S, McComas J, Finestone H, McCormick A, Sveistrup H. Benefits of activity and virtual reality based balance exercise programmes for adults with traumatic brain injury: perceptions of participants and their caregivers. *Brain Inj.* 2005;19(12):989-1000. <http://dx.doi.org/10.1080/02699050500109944>. PMID:16263641.
- Physiotherapy Evidence Database [Internet]. 2011. [cited 2011 May 25]. Available from: <http://www.pedro.org.au/portuguese/downloads/pedro-scale/>.
- Bax L, Yu LM, Ikeda N, Tsuruta H, Moons KG. Development and validation of MIX: comprehensive free software for meta-analysis of causal research data. *BMC Med Res Methodol.* 2006;6(1):50. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2288-6-50>. PMID:17038197.
- Bax L, Ikeda N, Fukui N, Yaju Y, Tsuruta H, Moons KG. More than numbers: the power of graphs in meta-analysis. *Am J Epidemiol.* 2009;169(2):249-55. <http://dx.doi.org/10.1093/aje/kwn340>. PMID:19064649.
- Mirelman A, Pattriti BL, Bonato P, Deutsch JE. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. *Gait Posture.* 2010;31(4):433-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.01.016>. PMID:20189810.
- Mirelman A, Bonato P, Deutsch JE. Effects of training with a robot-virtual reality system compared with a robot alone on the gait of individuals after stroke. *Stroke.* 2009;40(1):169-74. <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.108.516328>. PMID:18988916.
- Kang HK, Kim Y, Chung Y, Hwang S. Effects of treadmill training with optic flow on balance and gait in individuals following stroke: randomized controlled trials. *Clin Rehabil.* 2012;26(3):246-55. <http://dx.doi.org/10.1177/0269215511419383>. PMID:21971754.

21. Fritz SL, Peters DM, Merlo AM, Donley J. Active video-gaming effects on balance and mobility in individuals with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Top Stroke Rehabil.* 2013;20(3):218-25. <http://dx.doi.org/10.1310/tsr2003-218>. PMID:23841969.
22. Kim JH, Jang SH, Kim CS, Jung JH, You JH. Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: a double-blind, randomized controlled study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2009;88(9):693-701. <http://dx.doi.org/10.1097/PHM.0b013e3181b33350>. PMID:19692788.
23. Cho KH, Lee WH. Virtual walking training program using a real-world video recording for patients with chronic stroke: a pilot study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2013;92(5):371-80. <http://dx.doi.org/10.1097/PHM.0b013e31828cd5d3>. PMID:23598900.
24. Jaffe DL, Brown DA, Pierson-Carey CD, Buckley EL, Lew HL. Stepping over obstacles to improve walking in individuals with poststroke hemiplegia. *J Rehabil Res Dev.* 2004;41(3A):283-92. <http://dx.doi.org/10.1682/JRRD.2004.03.0283>. PMID:15543446.
25. Yang YR, Tsai MP, Chuang TY, Sung WH, Wang RY. Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: a randomized controlled trial. *Gait Posture.* 2008;28(2):201-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.11.007>. PMID:18358724.
26. Nascimento LR, Caetano LC, Freitas DC, Morais TM, Polese JC, Teixeira-Salmela LF. Different instructions during the ten-meter walking test determined significant increases in maximum gait speed in individuals with chronic hemiparesis. *Rev Bras Fisioter.* 2012;16(2):122-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552012005000008>. PMID:22378478.
27. Foley NC, Teasell RW, Bhogal SK, Doherty T, Speechley MR. The efficacy of stroke rehabilitation: a qualitative review. *Top Stroke Rehabil.* 2003;10(2):1-18. <http://dx.doi.org/10.1310/AQE1-PCW1-FW9K-M01G>. PMID:13680515.
28. Tilson JK, Sullivan KJ, Cen SY, Rose DK, Koradia CH, Azen SP, et al. Meaningful gait speed improvement during the first 60 days poststroke: minimal clinically important difference. *Phys Ther.* 2010;90(2):196-208. <http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20090079>. PMID:20022995.
29. Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, Hall J, McIlroy W, Cheung D, et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke.* 2010;41(7):1477-84. <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.584979>. PMID:20508185.
30. Pompeu JE, Mendes FA, Silva KG, Lobo AM, Oliveira TP, Zomignani AP, et al. Effect of Nintendo Wii™-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: a randomised clinical trial. *Physiotherapy.* 2012;98(3):196-204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2012.06.004>. PMID:22898575.

#### **Correspondence**

**Lucas Rodrigues Nascimento**

Departamento de Fisioterapia

Universidade Federal de Minas Gerais

Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha

CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil

e-mail: lrn@ufmg.br / lucas.nascimento@sydney.edu.au

**Anexo 1.** Estratégia de busca.

**MEDLINE, EMBASE**

1. Cerebrovascular Disorders.mp. or exp Cerebrovascular Disorders/
2. Brain Ischemia.mp. or exp Brain Ischemia/
3. Cerebral Hemorrhage.mp. or exp Cerebral Hemorrhage/
4. Brain Injuries.mp. or exp Brain Injuries/
5. (Intracranial Embolism and Thrombosis).mp.
6. Intracranial Aneurysm.mp. or exp Intracranial Aneurysm/
7. (Eva or cerebrovascular accident).mp.
8. apoplexy.mp. or exp Stroke/
9. (cerebral infarct\$ or cerebral ischemis\$ or cerebral thrombo\$ or cerebral embolis\$).mp.
10. (brain infarct\$ or brain ischemis\$ or brain thrombo\$ or brain embolis\$).mp.
11. (cerebral hemorrhage or cerebral haemorrhage or cerebral hematoma or cerebral haematoma).mp.
12. (brain hemorrhage or brain haemorrhage or brain hematoma or brain haematoma).mp.
13. Cerebral Infarction.mp. or exp Cerebral Infarction/
14. 1 or 2 or 3 or 4 or 5 or 6 or 7 or 8 or 9 or 10 or 11 or 12 or 13
15. Hemiplegia.mp. or exp Hemiplegia/
16. exp Paresis/ or Paresis.mp.
17. (Hemiplegi\$ or Hemipar\$).mp.
18. 15 or 16 or 17
19. exp Walking/ or Walking.mp.
20. Gait.mp. or exp Gait/ or exp Gait Disorders, Neurologic/
21. Locomotion.mp. or exp Locomotion/
22. (walk\$ or gait\$ or ambulat\$ or mobil\$ or locomot\$ or balanc\$ or stride).mp.
23. 19 or 20 or 21 or 22
24. User-computer interface/
25. computers/ or exp microcomputers/ or computer systems/ or software/
26. computer simulation/ or computer-assisted instruction/ or therapy, computer-assisted/
27. computer graphics/ or video games/ or \*touch/
28. virtual reality.mp.
29. (computer adj3 (simulat\$ or graphic\$ or game\$ or interact\$)).tw.
30. video games.mp. or "Play and Playthings"/ or exp Video Games/ or exp Television/ or exp Electronics/
31. (haptics or haptic device\$).tw.
32. optic flow.mp. or exp Optic Flow/
33. 24 or 25 or 26 or 27 or 28 or 29 or 30 or 31 or 32 or 33
34. 14 or 18
35. 34 and 23 and 33
36. limit 35 to humans

**PEDro**

**Resumo e Título:** gait and stroke

**Subdisciplina:** neurology

## Critérios de inclusão dos estudos

### Desenho

- Ensaio clínico aleatorizado ou controlado

### Participantes

- Adultos (>18 anos de idade)
- Diagnóstico de AVE
- Deambuladores

### Intervenção

- Treino direcionado à marcha associado ao uso de realidade virtual

### Medida de desfecho

- Velocidade de marcha confortável

### Comparações

- Intervenção associada à realidade virtual x placebo/não-intervenção ou intervenção não específica nos membros inferiores (marcha)
- Intervenção associada à realidade virtual x diferente intervenção específica nos membros inferiores (marcha) sem uso de realidade virtual