

Fisioter Bras 2017;18(1):80-96

REVISÃO

Realidade virtual em pacientes pós-acidente vascular cerebral: revisão sistemática com metanálise de ensaios clínicos randomizados

Virtual reality in patients after stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials

Maira Canêz Tonetta, Ft.*, Lisiane Fernandes da Rosa, Ft.*, Laís Rodrigues Gerzson, Ft.**,
Graciele Sbruzzi***, Carla Skilhan de Almeida, Ft.****

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre/RS, **Docente do Curso de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim/RS, ***Docente do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, ****Docente do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS

Recebido em 19 de novembro de 2015; aceito em 20 de janeiro de 2017.

Endereço para correspondência: Carla Skilhan Almeida, Rua Felizardo 750, 90690-200 Porto Alegre RS, E-mail: carlaskilhan@gmail.com; Maira Canêz Tonetta: mairactonetta@gmail.com; Laís Rodrigues Gerzson: gerzson.lais@yahoo.com.br; Lisiane Fernandes da Rosa: lisifisio.ufrgs@gmail.com; Graciele Sbruzzi: graciele.sbruzzi@ufrgs.br

Resumo

A prática da realidade virtual na reabilitação de pacientes pós-AVC permite a realização de tarefas orientadas e funcionais, possibilitando fácil adaptação ao grau de função dos pacientes, favorecendo na reabilitação. O objetivo do trabalho foi revisar sistematicamente os efeitos da realidade virtual comparada à fisioterapia convencional ou grupo controle em relação ao equilíbrio, função motora e marcha em pacientes com sequelas crônicas de AVC. A busca incluiu as bases Medline, Pedro, Lilacs e Cochrane Central do início das bases até junho de 2014. Dos 549 ensaios clínicos randomizados identificados, 24 foram incluídos. A intervenção com realidade virtual melhorou: o equilíbrio avaliado com Escala de Equilíbrio de Berg (2,55 pontos; IC 95%: 0,79 a 4,30; I²: 93%); função motora de mão avaliada com *Box and Block Test* (BBT) (5,89 blocos; IC 95%: 4,32 a 7,46; I²: 0%); função motora de membro superior avaliado com Escala de Fulg-Meyer (3,15 pontos; IC 95%: 2,02 a 4,28; I²: 33%); marcha com teste de caminhada de 10 metros (2,37 cm/s; IC 95%: -8,25 a 13,00; I²: 94%). A realidade virtual mostrou resultados positivos nos pacientes com sequelas de AVC, sendo uma possibilidade relevante dentre os recursos já existentes.

Palavras-chave: acidente vascular cerebral, retroalimentação sensorial, Fisioterapia, reabilitação.

Abstract

The practice of virtual reality in the rehabilitation post stroke patients allows oriented and functional tasks, enabling easy adaptation to patients' level of function, favoring rehabilitation. The aim of this study was to review systematically the effects of virtual reality compared to conventional physical therapy or control group regarding on balance, motor function and gait in patients with chronic sequelae of stroke. The search included the Medline, Pedro, Lilacs and Cochrane Central databases from the beginning of bases through June 2014. We identified 549 randomized clinical trials, but included only 24. The intervention improved with virtual reality: the balance assessed with the Berg Balance Scale (2.55 points; 95% CI: 0.79 to 4.30; I²: 93%); hand motor function assessed with Box and Block Test (BBT) (5.89 blocks; 95% CI: 4.32 to 7.46; I²: 0%); of upper limb motor function assessed with Fulg-Meyer Scale (3.15 points; 95% CI: 2.02 to 4.28; I²: 33%); march to walk 10 meters test (2.37 cm / s; 95% CI: -8.25 to 13.00; I²: 94%). The virtual reality showed positive results in patients with stroke sequelae, one possibility among relevant existing resources.

Key-words: stroke, sensory feedback, Physical therapy, rehabilitation.

Introdução

O acidente vascular cerebral (AVC) está entre as principais causas de óbito no mundo, sendo responsável por aproximadamente 5,5 milhões de mortes [1]. É uma importante causa de deficiências e incapacidades resultando em sequelas variáveis para o indivíduo que podem ser sensitivas, motoras e/ou cognitivas. Dentre as sequelas motoras que se apresentam nessa lesão, a mais frequente é a hemiparesia [2-4]. Muitas formas de recuperar o movimento são usadas hoje em dia, como a prática da realidade virtual (RV), por exemplo. Esta prática da realidade virtual como reabilitação para pacientes pós-AVC está sendo bastante explorada na última década, visto que o ambiente virtual pode simular situações do mundo real [5] de modo que a terapia possa ser facilmente adaptada ao grau de função dos pacientes [6], favorecendo na recuperação da negligência hemiparética destes pacientes [7].

A realidade virtual permite a interação do usuário com um mundo criado pelo computador no qual sua própria imagem é responsável pelo desempenho das funções propostas [8]. Ela concede a realização de tarefas orientadas e funcionais em um ambiente enriquecido, o que torna a prática motivadora e aumenta o engajamento do paciente no gesto motor, auxiliando a sua reabilitação [9].

Muitos estudos têm focado na intervenção da RV para membros superiores em pacientes com AVE em diferentes fases. Um estudo observou a função de membros superiores e função motora obtendo resultados significativos e melhores no grupo intervenção quando avaliados com Medida de Independência Funcional (MIF) e Fulg Meyer [10]; outro estudo avaliou função de membros superiores obtendo aumentos significativos, após a intervenção para o grupo intervenção [11]; outro ainda avaliou a função motora e atividades de vida diária resultando em escores maiores nos movimentos propositais e escores nulos nos movimentos não propositais para o grupo intervenção [12]. A realização desta revisão sistemática mostrou-se necessária, pois novos ensaios clínicos randomizados foram realizados recentemente com desfechos além de membro superior, ou seja, propondo intervenções variadas com métodos avaliativos diferentes (melhora de equilíbrio e deslocamento de peso corporal) [13,14], com grupos crônicos, grupo controle, que vislumbrem melhoras no desempenho referente ao equilíbrio, função motora e marcha, enriquecendo esta temática.

Assim, o objetivo neste estudo foi revisar sistematicamente os efeitos da realidade virtual comparada à fisioterapia convencional ou grupo controle sobre o equilíbrio, função motora e marcha em pacientes com sequelas crônicas de AVC.

Material e métodos

Critérios de elegibilidade

Foram incluídos ensaios clínicos randomizados (ECR) realizados com pacientes com sequelas crônicas de AVC hemorrágico ou isquêmico (mais de seis meses do episódio), que utilizaram como intervenção a realidade virtual comparada à fisioterapia convencional ou grupo controle, e foram considerados como desfechos equilíbrio, marcha e função motora.

Estratégia de busca

A busca foi realizada nas bases de dados Medline (via PubMed), Cochrane Central, Lilacs e PEDro, do início das bases até junho de 2014, além de busca manual em referências de estudos já publicados sobre o assunto. A busca compreendeu os seguintes descritores "Feedback, Sensory", "User-Computer Interface", "Stroke" associados a seus termos sinônimos e uma lista de termos sensíveis para a busca por ensaio clínico randomizado [15].

Extração dos dados

A extração dos dados foi realizada por dois revisores de forma independente, utilizando um formulário padronizado. Foram extraídas informações com relação às características metodológicas dos estudos, participantes, intervenções e desfechos. A avaliação do equilíbrio foi realizada através de Escala de Equilíbrio de Berg, teste *Time Up and Go*, posturografia, *Tetrax Balance System*, *Falls Efficacy Scale-International (FES-I)*, *Physical Activity Enjoyment Scale (PACES)*, *Gold Balance System*, *Functional Reach Test* e variáveis de equilíbrio estático

e dinâmico. O desfecho função motora foi avaliado através de *Box and Block Test*, Escala de Fulg-Meyer, medida de independência funcional (MIF), *Upper Limb Motricity Index* e *Action Research Arm Test*. A avaliação da marcha foi realizada através do teste de caminhada de 10 minutos, teste de caminhada, teste de obstáculos, teste caminhada de 6 minutos, *Walking Ability Questionnaire (WAQ)*, *Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale*, *Functional Ambulation Category (FAC)* e *Modified Motor Assessment Scale (MMAS)*; item de deambulação apenas). Discordâncias foram resolvidas por consenso.

Avaliação do risco de viés

A avaliação da qualidade dos estudos foi realizada de forma independente por dois revisores (M.C.T. e L.F.R.), através da avaliação das seguintes características: geração da sequência de randomização, alocação sigilosa, cegamento dos avaliadores dos desfechos, descrição das perdas e exclusões e análise por intenção de tratar. Estudos sem uma descrição clara dessas características foram considerados como não claros ou não informados. Discordâncias entre os revisores foram resolvidas por consenso entre eles.

Análise dos dados

Os cálculos das metanálises foram realizados utilizando modelo de efeito randômico. Para todos os desfechos, o cálculo do tamanho do efeito foi realizado através da diferença entre as médias e do desvio padrão da diferença entre as médias. Para os estudos que não reportavam o desvio padrão da diferença entre as médias, o mesmo foi imputado utilizando o valor p intragrupo do grupo experimental e do grupo controle, e para os estudos que não relatavam o valor p , o desvio padrão da diferença entre as médias foi calculado a partir da média aritmética dos desvios padrões dos outros estudos que avaliaram o mesmo desfecho. Intervalo de confiança de 95% (IC95%) e o valor de $p \leq 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos. A heterogeneidade estatística dos efeitos do tratamento entre os estudos foi avaliada usando o teste Q de *Cochran* e o teste da inconsistência I^2 , em que valores acima de 25% e 50% foram considerados como indicativo de heterogeneidade moderada e alta, respectivamente [16]. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa *Review Manager* versão 5.3 (Colaboração Cochrane).

Resultados

Descrição dos estudos

A estratégia de busca identificou 549 artigos, dos quais 520 foram considerados relevantes e retomados para análise detalhada. Vinte e quatro estudos preencheram os critérios de elegibilidade e foram incluídos na revisão sistemática totalizando 569 participantes. A figura 1 mostra o fluxograma dos estudos incluídos e a Tabela I apresenta as principais características destes estudos.

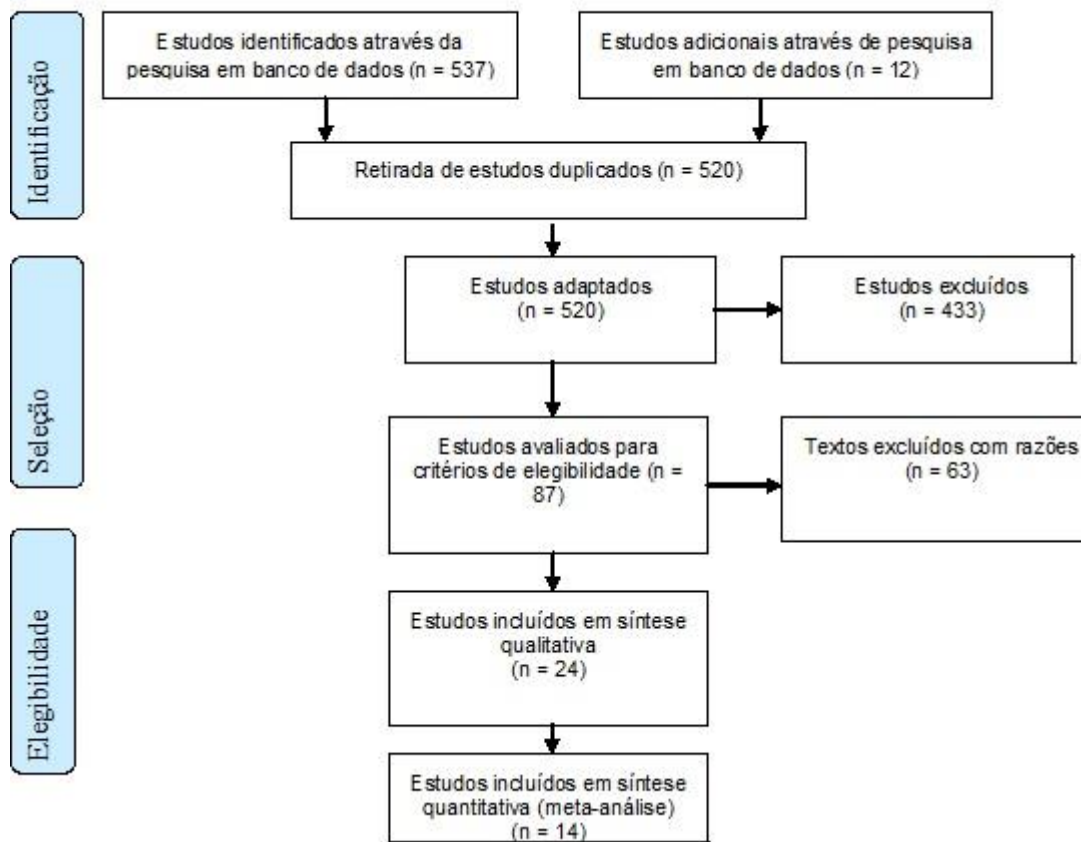
Figura 1 - Fluxograma dos estudos incluídos na revisão.

Tabela I - Características dos estudos incluídos.

Estudo, Ano	Pacientes I/C (n)	Idade I/C (Média (DP))	Características	Desfechos e Método de Avaliação
Cho et al., 2012 [17]	11/11	65,3 (8,3) / 63,1 (6,9)	I: fisioterapia (30 minutos), terapia ocupacional (30 minutos), fonoaudiologia (30 minutos se necessário), Wii Fit Balance Board (30 minutos por dia, 3 vezes por semana por 6 semanas). C: Fisioterapia (30 minutos), terapia ocupacional (30 minutos), fonoaudiologia (30 minutos se necessário). Ambos os grupos: treinamento 5 vezes por semana por 6 semanas.	Equilíbrio. Berg Balance Scale, Postural Sway Velocity, Timed Up and Go Test.
Cho et al., 2013 [18]	7/7	64,5 (4,3) / 65,1 (4,7)	I: Fisioterapia convencional + Esteira com RV = 30 minutos 3 vezes por semana por 6 semanas C: Fisioterapia convencional + Esteira = 30 minutos 3 vezes por semana por 6 semanas Ambos os grupos: Fisioterapia convencional (exercício terapêutico= 30 minutos 5 vezes por semana por 6 semanas, terapia ocupacional= 30 minutos 5 vezes por semana por 6 semanas, FES = 20 minutos 5 vezes por semana por 6 semanas).	Equilíbrio. Berg Balance Scale e Time Up and Go Test.
Cho et al., 2014 [13]	15/15	65,8 (5,7) / 63,5 (5,5)	I: Fisioterapia convencional + Esteira com RV = 30 minutos 3 vezes por semana por 6 semanas C: Fisioterapia convencional + Esteira = 30 minutos 3 vezes por semana por 6 semanas Ambos os grupos: Fisioterapia convencional (exercício terapêutico = 30 minutos 5 vezes por semana por 6 semanas, terapia ocupacional = 30 minutos 5 vezes por semana por 6 semanas, FES = 20 minutos 5 vezes por semana por 6 semanas).	Equilíbrio. Berg Balance Scale e Time Up and Go Test.
Crosbie et al., 2012 [30]	9 / 9	64,6(7,4) / 64,6(7,4)	I: Tarefas específicas de MsSs em jogos de RV. C: Facilitação muscular, alongamentos, exercícios de fortalecimento, tarefas funcionais de MsSs. Ambos os grupos: treinamento por 30 a 45 minutos, 3 vezes por semana por 3 semanas.	Função de MsSs. Upper Limb Motricity Index, Action Research Arm Test.
Housman et al., 2009 [25]	14 / 14	54,2 (11,9) / 56,4(12,8)	I: T-WREX com um software para jogos 3D com 3 repetições de 10 jogos em cada sessão. C: Tratamento padrão para terapia de grupos e exercícios em casa que consistiam em alongamento, amplitude de movimento, fortalecimento, treino de AVD's utilizando MsSs Ambos os grupos: treinamento por 60 minutos, 3 vezes por semana por 8 a 9 semanas.	Função de MsSs. Fulg-Meyer
Hung et al., 2014 [14]	13 / 15	55,4 (9,9) / 53,4 (10,0)	I: Jogos de Wii sob uma plataforma de equilíbrio. C: Prancha de equilíbrio. Ambos: 30 minutos 2 vezes por semana por 12 semanas.	Equilíbrio estático e dinâmico. Time Up and Go Test, Tetrax Balance System, Falls Efficacy Scale-International (FES-I) e Physical Activity Enjoyment Scale (PACES)

Jaffe et al., 2004 [34]	10 / 10	58,2(11,2) / 63,2(8,3)	I: Esteira com obstáculos virtuais passando por 10 obstáculos. C: Caminhada com objetos reais (15 a 22 polegadas de distancia entre um e outro). Ambos os grupos: treinamento de 60 minutos, 3 vezes por semana por 2 semanas.	Marcha. 6 minutos Walking Test.
Jang et al., 2005 [23]	5 / 5	59,8(3,4) / 54,4(5,3)	I: IREX (jogos 3D), 5 repetições de cada jogo, treinamento de 60 minutos, 5 vezes por semana por 4 semanas. C: Sem intervenção	Função de MsSs. Fulg-Meyer, Box and Block Test.
Kim et al., 2009 [19]	12 / 12	52,4(10,1) / 51,7 (7,1)	I: IREX (jogos 3D por 30 minutos) + Fisioterapia convencional (40 minutos). C: Fisioterapia convencional (treino de equilíbrio estático e dinâmico, fortalecimento, exercícios funcionais por 40 minutos). Ambos os grupos: treinamento de 4 vezes por semana por 4 semanas.	Equilíbrio e marcha. Berg Balance Scale, Ten-Metre Walk test.
Kipper et al., 2014 [26]	23 / 21	63,1 (9,5) / 65,5 (14,2)	I: Realizar tarefas em cenário virtual. C: Fisioterapia convencional. Ambos: 120 minutos 5 dias por semana durante 4 semanas	Função de MsSs e função motora. MIF e Fulg Meyer Up Stremity
Lee et al., 2013 [29]	7 / 7	71,7 (9,1) / 76,4 (5,8)	I: Jogos no Xbox Kinect e terapia ocupacional 60 minutos por dia, 3 dias na semana por 6 semanas. C: Terapia ocupacional 30 minutos por dia, 3 dias na semana por 6 semanas.	Função motora, força muscular, tônus e AVD's. MIF, Modified Ashort Scale, Manual Muscle Test.
Lee et al., 2013 [21]	12 / 10	60,6 (8,8) / 63,7 (4,7)	I: Fisioterapia convencional (60 minutos) + RV (30 minutos). C: Exercícios (fortalecimento, controle postural e deambulação por 30 minutos), atividades funcionais necessárias para vida diária por 30 minutos. Ambos treinos de 5 vezes por semana durante 4 semanas.	Equilíbrio estático, dinâmico e percepção visual. Gold Balance Sistem, Functional Reach Test
Lee et al., 2014 [11]	12 / 12	58,3 (10,1) / 65,4 (9,7)	I: Reabilitação física e FES + programa de treino assimétrico em RV. C: Reabilitação física e FES. Ambos com treinamento durante 30 min por dia, 5 dias durante 4 semanas.	Função de MsSs. Fulg Meyer, Box and Block Test, Grip Strenght, Escala Modificada de Ashort
Mirelman et al., 2009 [35]	9 / 9	61,8(9,94) / 61 (8,32)	I: Rutgers Ankle com 6 graus de liberdade sob a plataforma Force Stewart (MsIs) em RV. C: Aquecimento, resistência, velocidade, fortalecimento e exercícios de coordenação, e enfatizando tornozelo: dorsiflexão, flexão plantar, inversão, eversão, e uma combinação destes movimentos. Ambos os grupos: treinamento 60 minutos, 3 vezes por semana por 4 semanas.	Marcha. 6 minutos Walking Test.

Park et al., 2013 [33]	8 / 8	46,2 (6,8) / 48,7 (8,8)	I: Fisioterapia convencional + programa RV baseado no controle postural (30 minutos, 3 dias por semana durante 4 semanas). C: fisioterapia convencional + fisioterapia (30 minutos, 3 dias por semana durante 4 semanas). Ambos fisioterapia convencional durante 60 minutos, 5 dias por semana durante 4 semanas.	Marcha. Ten-Metre Walk test.
Piron et al., 2008 [31]	5 / 5	65(11) / 53(15)	I: Tarefas de MsSs em RV. C: Tarefas de MsSs em TR Ambos os grupos: treinamento de 60 minutos, 1 vez por dia por 4 semanas.	Função de MsSs; AVD's. Avaliação de Funcionalidade e de MsSs, Questionário de satisfação e Fulg-Meyer.
Piron et al., 2009 [27]	18 / 18	66,0 (7,9) / 64,4 (7,9)	I: Tarefas em RV de MsSs em TR. Realizaram 5 tipos de tarefas. C: Fisioterapia convencional. Ambos os grupos: treinamento de 60 minutos, 5 vezes por semana por 4 semanas.	Função de MsSs e AVD's. Fulg-Meyer, Ashworth.
Piron et al., 2010 [28]	27 / 23	58,8 (8,3) / 62,2 (9,75)	I: RFVE (reinforced feedback in a virtual environment). Eram 4 diferentes tarefas para MsSs. C: Fisioterapia convencional para MsSs (baseada no princípio de Bobath, exercícios específicos de MsSs: manipular e alcançar objetos sem controle postural, controle postural incluído, tarefa complexa com controle postural) Ambos os grupos: treinamento de 60 minutos, 5 vezes por semana por 4 semanas.	Função de MsSs, função motora e AVD's. Fulg-Meyer, MIF.
Rand et al., 2014 [42]	15/ 15	57,0 (52,0- 62,0) / 62,5 (55,7- 71,2)	I: Jogos de vídeo game para reabilitação utilizando MsSs. C: Fisioterapia convencional. Ambos: 60 minutos, 2 vezes por semana durante 3 meses.	Função motora e AVD's. Fulg Meyer, MIF, MMSE (mini mental state examination)
Sin et al., 2013 [24]	18 / 17	71,7 (9,4) / 75,6 (5,5)	I: Jogos de X-box e fisioterapia convencional. C: Fisioterapia convencional e terapia ocupacional sozinhos. Ambos 60 minutos, 3 vezes por semana durante 6 semanas.	Função de MsSs. Fulg Meyer, Box and Block Test.
Singh et al., 2013 [20]	15 / 13	65,4 (9,8) / 67,0 (8,4)	I: Jogos de RV (30 minutos) + fisioterapia convencional (90 minutos). C: Fisioterapia convencional. Ambos 120 minutos, 2 vezes por semana durante 6 semanas.	Equilíbrio e marcha. Time UP and Go test, Sit to Stand Test, Timed Ten-Metre Walk test, Six-Minute Walk test and the Barthel Index.
Yang et al., 2008 [36]	11 / 9	55,4(12,15) / 60,8(9,25)	I: Esteira com RV. C: Esteira (enquanto caminhava na esteira, o sujeito foi solicitado para executar diferentes tarefas que incluíam elevação das pernas para simular passar por cima de obstáculos, subidas e descidas a pé e andar mais rápido). Ambos os grupos: treinamento por 20 minutos, 3 vezes por semana durante 3 semanas.	Marcha. Walking Ability Questionnaire (WAQ), Activities-specific balance

				confidence (ABC) scale e itens relacionados a marcha.
Yang et al., 2011 [22]	7 / 7	56,3 (10,2) / 65,7 (5,9)	I: Fisioterapia convencional (40 minutos), terapia ocupacional, esteira com RV (20 minutos). C: Fisio convencional (deambulação com barras paralelas, bicicleta estática, e treino da função da mão sentado, por 40 minutos). Esteira comum (olhando pela janela com vista para um jardim por 20 minutos). Ambos o s grupos: treinamento de 3 vezes por semana durante 3 semanas.	Equilíbrio. Equilíbrio Estático e Dinâmico (diversas variáveis para ambos).
You et al., 2005 [37]	5 / 5	54,6 (3,01) / 54,6(3,44)	I: IREX (jogos 3D) com treinamento por 60 minutos, 5 vezes por semana por 4 semanas. C: Sem intervenção.	Função locomotora, nível de independência. Functional Ambulation Category (FAC) e modified motor assessment scale (MMAS; walking item only).

MSSS = membros superiores; MSIS = membros inferiores; RV = realidade virtual; TR = tele reabilitação; AVD's = atividades de vida diária; MIF = Medida de Independência Funcional; FES = Functional Electrical Stimulation.

As intervenções com realidade virtual realizadas foram Wii Fit Balance Board, esteira com realidade virtual, jogos de realidade virtual, jogos sob plataforma de equilíbrio, esteira com obstáculos virtuais e tarefas em cenário virtual. Nas intervenções do grupo controle foram encontradas fisioterapia convencional, terapia ocupacional, fonoaudiologia, esteira, tarefas funcionais, prancha de equilíbrio, caminhada com obstáculos reais, FES, tarefas de membros superiores e sem intervenção. O tempo de intervenção variou de 30 minutos a 120 minutos para ambos os grupos, numa frequência de duas até cinco vezes por semana num período de duas semanas até três meses.

Risco de viés

Dos 24 estudos incluídos, apenas um não relatou a geração da sequência de randomização (baixo risco de viés), 54,6% relataram alocação sigilosa (moderado risco de viés), 75,6% tinham cegamento dos avaliadores dos desfechos e descreveram perdas e exclusões (baixo risco de viés), e 50,4% realizaram análise por intenção de tratar, representando moderado risco de viés para esse desfecho (Tabela II).

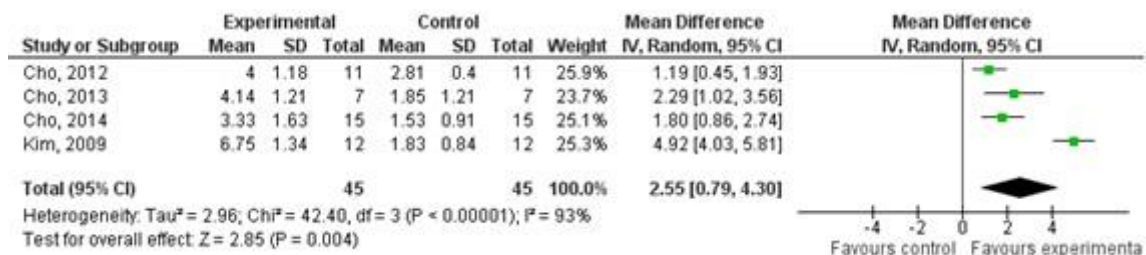
Tabela II - Avaliação do risco de viés dos estudos.

Estudo, Ano	Geração de sequencia aleatória	Alocação sigilosa	Cegamento avaliadores dos desfechos	Descrição de perdas e exclusões	Análise por intenção de tratar
Cho et al., 2012 [17]	Sim	Não	Não	Sim	Não
Cho et al., 2013 [18]	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Cho et al., 2014 [13]	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Crosbie et al., 2012 [30]	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Housman et al., 2009 [25]	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Hung et al., 2014 [14]	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Jaffe et al., 2004 [34]	Sim	Não	Não	Não	Não
Jang et al., 2005 [23]	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Kim et al., 2009 [19]	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Kiper et al., 2014 [26]	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Lee et al., 2013 [29]	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Lee et al., 2013 [21]	Sim	Não	Não	Não	Não
Lee et al., 2014 [11]	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Mirelman et al., 2009 [35]	Sim	Não	Sim	Não	Sim
Park et al., 2013 [33]	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Piron et al., 2008 [31]	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Piron et al., 2009 [27]	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Piron et al., 2010 [28]	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Rand et al., 2014 [32]	Sim	Não	Não	Não	Sim
Sin et al., 2013 [24]	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Singh et al., 2013 [20]	Não	Não	Sim	Sim	Não
Yang et al., 2008 [36]	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Yang et al., 2011 [22]	Sim	Não	Não	Não	Não
You et al., 2005 [37]	Sim	Não	Sim	Sim	Sim

Efeitos das intervenções

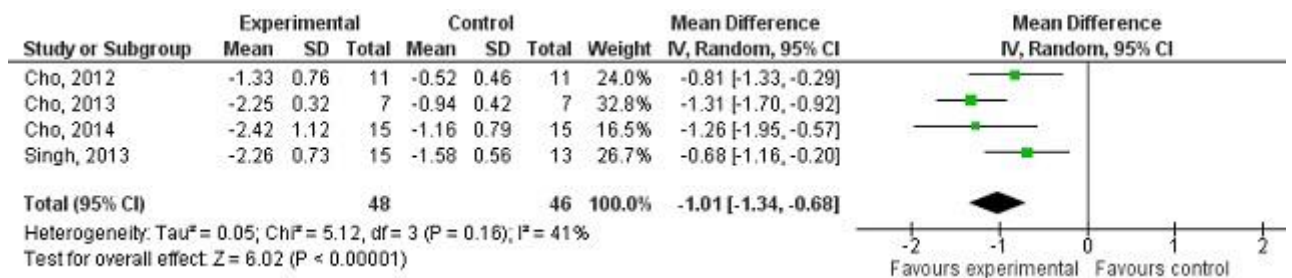
Equilíbrio

Quatro artigos [10,17-19] avaliaram equilíbrio com a Escala de Equilíbrio de Berg (n = 90) e houve uma melhora significativa nessa variável quando comparado aos grupos intervenção e grupo controle (2,55 pontos; IC 95%: 0,79 a 4,30; I²: 93%) (Figura 2).

Figura 2 - Equilíbrio avaliado com a Escala de Berg:

Devido à alta heterogeneidade encontrada, foi realizada uma análise de sensibilidade retirando um dos estudos [19], pois o mesmo diferiu em relação aos outros quanto à intensidade, tendo o grupo intervenção realizado 70 minutos de treinamento e o controle apenas terapia convencional durante 40 minutos, ambos quatro vezes por semana por quatro semanas. Nos outros três estudos os grupos intervenção e controle realizaram 120 e 110 minutos respectivamente de tratamento cinco vezes por semana por seis semanas. Com a retirada desse artigo, não houve alteração no resultado global (1,61 pontos; IC 95%: 1,00 a 2,21), mas houve redução importante na heterogeneidade (I²: 20%).

Quatro artigos [13,17,18,20] avaliaram o equilíbrio com o teste Time Up and Go (n = 94) e não foi encontrada diferença significativa entre os grupos (-1,01 segundos; IC 95%: -1,34 a -0,68; I²: 41%) (Figura 3).

Figura 3 - Equilíbrio avaliado com o teste *Time Up and Go*.

Devido à heterogeneidade encontrada, foi realizada uma análise de sensibilidade retirando um dos estudos [20], pois este estudo diferiu dos outros em relação à intensidade dos treinos, já que foram realizados duas vezes por semana durante seis semanas. Já nos três estudos restantes foram realizados tanto para grupo intervenção quanto controle 120 e 110 minutos respectivamente, tratamento cinco vezes por semana por seis semanas. Com essa análise, foi observada uma melhora significativa no tempo de realização do teste (-1,15 segundo; IC 95%: -1,46 a -0,83) e houve diminuição importante da heterogeneidade (I²: 15%).

Outras formas de avaliação do equilíbrio

Um estudo [14] avaliou equilíbrio estático usando posturografia, teste *Time Up and Go*, *Tetrax Balance System*, *Falls Efficacy Scale-International (FES-I)* e *Physical Activity Enjoyment Scale (PACES)*. O grupo experimental apresentou melhora significativa no índice de estabilidade em relação ao grupo controle em: 1) cabeça reta com os olhos abertos em superfície de espuma; 2) os olhos fechados em superfície sólida com a cabeça girada em 30° para a esquerda; e 3) em posições de cabeça para cima (interação tempo-grupo p = 0,02, 0,04 e 0,03 respectivamente). Ambos os grupos apresentaram melhora no teste *Timed Up and Go*, em testes de chegar a frente e medo de cair. O grupo experimental gostava de treinamento mais do que o grupo controle (p = 0,03). O estudo não foi incluído na metanálise, pois expõe os resultados entre grupos intervenção e controle, não apresentando valores pré e pós-intervenção do grupo controle e do grupo intervenção.

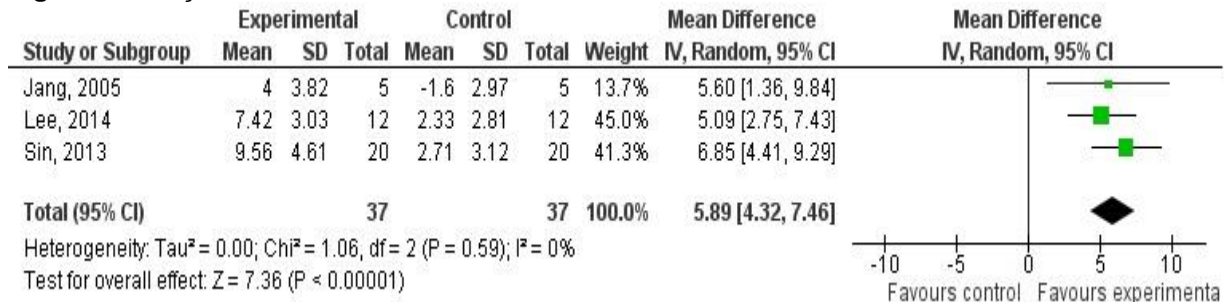
Em outro estudo [21], os autores avaliaram o equilíbrio através dos testes *Gold Balance System* e *Functional Reach Test* e após a intervenção, o grupo experimental apresentou melhora significativa na capacidade de equilíbrio estático sentado e na capacidade de equilíbrio dinâmica.

Em outro estudo [22], os autores avaliaram através de diversas variáveis para equilíbrio estático e dinâmico e mostrou que nem esteira tradicional nem treino em esteira com RV teve qualquer efeito sobre a habilidade do equilíbrio na postura estática, mas o treino em esteira com RV melhorou habilidade de equilíbrio na direção médio-lateral mais do que o treinamento tradicional. O treinamento na esteira com RV também melhorou a habilidade do equilíbrio durante as transferências de sentado para em pé e o envolvimento de membro parético em nível de caminhada mais do que o treinamento tradicional.

Função motora

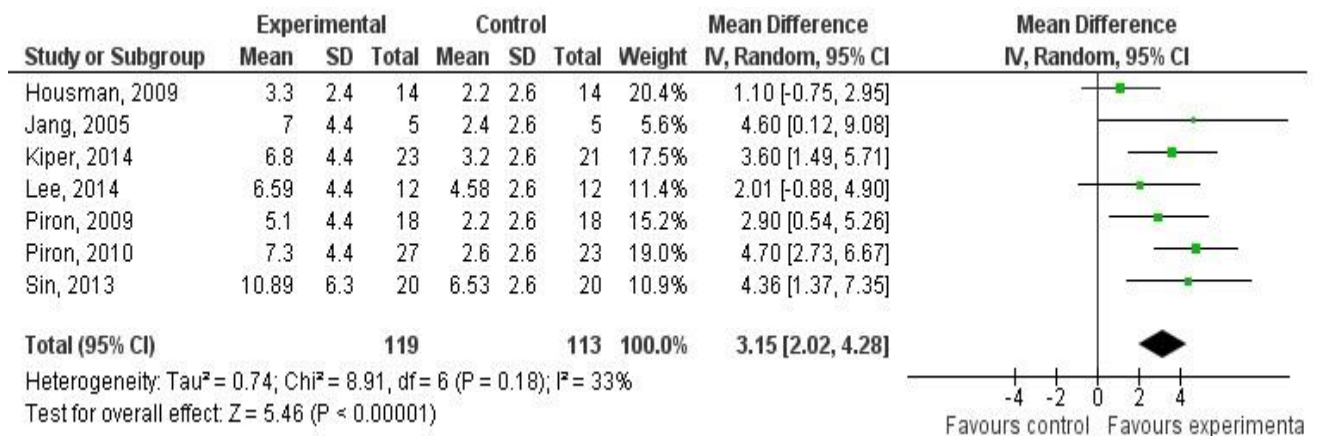
Três estudos [11,23,24] avaliaram função motora com o *Box and Block Test (BBT)* (n = 74) e mostraram uma melhora significativa na função motora de mão quando comparado com os grupos controles (5,89 blocos; IC 95%: 4,32 a 7,46; I²: 0%) (Figura 4).

Figura 4 - Função motora avaliada com Box and Block Test.



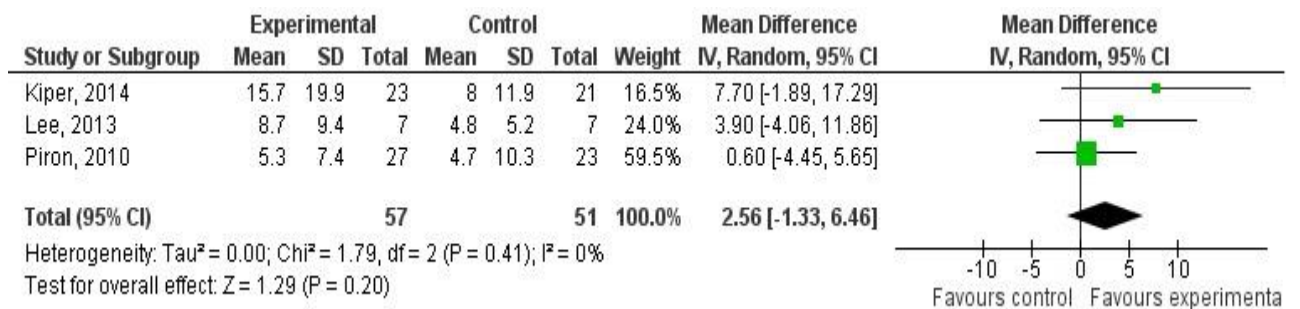
A Escala de Fulg-Meyer foi utilizada para avaliação de função motora de membro superior em sete artigos [11,23-28], resultando em n = 232 e foi observada uma melhora significativa na função motora quando comparado o grupo intervenção com o grupo controle (3,15 pontos; IC 95%: 2,02 a 4,28; I²: 33%). Devido à heterogeneidade moderada encontrada, foi realizada uma análise de sensibilidade retirando um estudo [25], pois este realizou apenas terapia com realidade virtual no grupo intervenção no período de três vezes por semana, quando comparado aos outros estudos ou eram numa intensidade maior ou tinha outra terapia associada a realidade virtual. Com a retirada desse artigo, não houve alteração no resultado global da metanálise e houve ausência de heterogeneidade (3,71 pontos; IC: 95%: 2,68 a 4,74; I²: 0%) (Figura 5).

Figura 5 - Função motora avaliada com a Escala de Fulg-Meyer.



Três estudos [26,28,29] avaliaram função motora global com a medida de independência funcional (MIF) (n= 108) e foi observado que não houve diferença significativa entre grupo intervenção e controle (2,56 pontos; IC 95%: -1,33 a 6,46; I²: 0%) (Figura 6).

Figura 6 - Função motora avaliada com a Medida de Independência Funcional.



Outras formas de avaliação da função motora

Um estudo [30] avaliou a função motora de membros superiores através do *Upper Limb Motricity Index* obtendo um pequeno aumento nos escores (7-8 pontos) em ambos os grupos, porém não significativo e através do *Action Research Arm Test* obtendo também um pequeno aumento (4 pontos) a favor do grupo controle, porém não significativo.

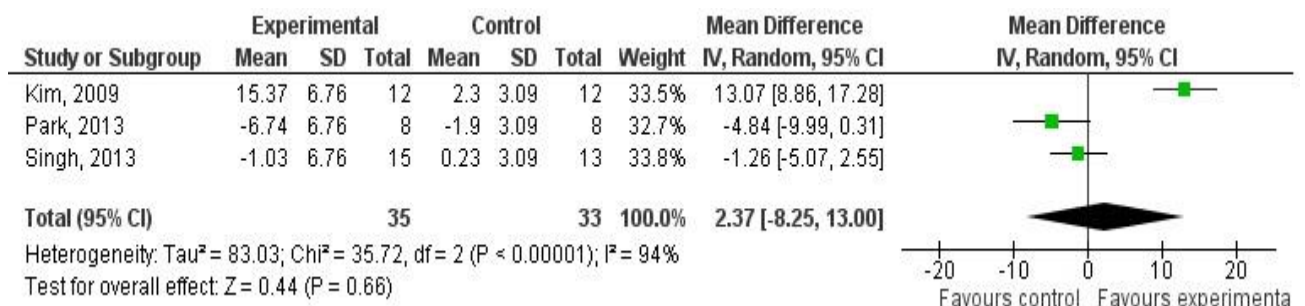
Outro estudo [31] utilizou um questionário no final do tratamento para medir o grau de satisfação de cada paciente e Escala de Fulg-Meyer. Pacientes tratados em Tele-RV apresentaram valores médios iguais ou maiores do que os pacientes do grupo RV em todos os 12 itens investigados, com exceção de um. Em relação ao desempenho do motor, o grupo Tele-RV melhorou significativamente ($P = 0,05$), enquanto que o grupo RV não mostrou nenhuma mudança significativa. Pacientes designados para o grupo Tele-RV eram capazes de se envolver na terapia em casa e o sistema de videoconferência garantiu uma boa relação entre o paciente e o fisioterapeuta cuja proximidade física não era necessária. No desempenho motor, o grupo Tele-RV melhorou significativamente com pontuação de 51,2 para 56,6 ($Z \frac{1}{4} - 2,0$, $P = 0,05$), enquanto que o grupo RV mostrou uma melhoria da média do escore de 49,4 para 56,0, mas não foi significativo ($Z \frac{1}{4} 21,8$, $P = 0,05$). O estudo não foi incluído na metanálise, pois não são expostos os valores para cada grupo.

Noutro estudo [32] os participantes do grupo de videogame realizaram uma média de 271 movimentos intencionais e 37970 atividades contadas em comparação com 48 movimentos propositais e 14872 atividades contadas no grupo tradicional ($z = -3,0$, $P = 0,001$ e $z = -1,9$, $P = 0,05$, respectivamente). Os participantes do grupo tradicional realizaram uma média de 26 movimentos não propositais em comparação com zero movimento proposital no grupo de videogame ($z = -4,2$, $P = 0,000$). Forte correlação significativa foi encontrada entre a habilidade motora do membro superior com deficiência motora e a repetição dos participantes em ambos os grupos ($r = 0,86$, $P < 0,01$). Os participantes foram avaliados através de Fulg Meyer, MIF, MMSE (mini mental state examination). O estudo não foi incluído nas metanálises, pois os valores são expostos em mediana e interquartil, não sendo possível comparar com os outros estudos.

Marcha

A marcha foi avaliada por 3 estudos [19,20,33] através do teste de caminhada de 10 metros, totalizando um $n = 68$ e foi observado que não houve diferença significativa entre os grupos intervenção e controle (2,37 cm/s; IC 95%: -8,25 a 13,00; $I^2 = 94\%$). Devido à heterogeneidade encontrada, foi realizada uma análise de sensibilidade retirando um dos estudos [19], pois este teve como critério de inclusão a capacidade de o paciente caminhar sozinho e sem auxílio por no mínimo 30 metros dentro de casa, enquanto outro estudo [33] selecionou pacientes que fossem capazes de caminhar mais de 10 metros sem auxílio dentro de casa e outro estudo [20] incluía pacientes que caminhassem sozinhos com ou sem auxílio. Com a retirada desse artigo, não houve alteração no resultado global da metanálise (-2,61 cm/s; IC 95%: -2,61 a 0,79), mas houve redução importante da heterogeneidade ($I^2 = 17\%$) (Figura 7).

Figura 7 - Marcha avaliada com o teste de caminhada de 10 metros.



Outras formas de avaliação da marcha

As avaliações realizadas em um estudo [34] consistiram em um teste de equilíbrio, teste de caminhada, teste de obstáculos e teste caminhada de 6 minutos. O treinamento obstáculo virtual gerou maiores melhorias na velocidade da marcha em comparação com treinamento real (20,5% vs. melhoria 12,2%) durante o teste de caminhada rápida ($p < 0,01$). Melhorias na velocidade da marcha para ambos os métodos de treinamento foram semelhantes no teste de caminhada auto-selecionado (33,3% vs. 34,7%). No geral, os indivíduos apresentaram mudanças clinicamente significativas na velocidade da marcha, comprimento do passo, resistência para caminhada e capacidade de vencer obstáculos, como resultado para qualquer método de treinamento. A inclusão de maior segurança e aumento visual pode ser responsável pela eficácia da intervenção em realidade virtual.

A avaliação da marcha em outro estudo [35] foi feita através do teste de caminhada de seis minutos e maiores mudanças na velocidade e distância percorrida foram demonstradas para o grupo treinado com o dispositivo robótico juntamente com a RV do que o treinamento com o robô sozinho. Da mesma forma, melhorias significativamente maiores na distância percorrida e no número de passos dados na comunidade foram mensuradas para o grupo que treinou com o robô juntamente com a RV.

Um estudo [36] avaliou os participantes através de *Walking Ability Questionnaire* (WAQ), *Activities-specific Balance Confidence* (ABC) Scale e itens relacionados à marcha. Os indivíduos do grupo experimental melhoraram significativamente a velocidade de caminhada e tempo andando na comunidade. Quanto à comparação entre os grupos, o grupo experimental melhorou significativamente mais do que o grupo controle em velocidade da marcha ($P = 0,03$) e tempo de caminhada na comunidade ($P = 0,04$) no período pós-treino.

Os autores de outro estudo [37] avaliaram função locomotora através de *Functional Ambulation Category* (FAC) e *Modified Motor Assessment Scale* (MMAS; item de deambulação apenas). O FAC foi concebido para analisar os níveis de assistência necessária durante uma caminhada de 15m sem considerar qualquer dispositivo auxiliar utilizado. O MMAS é uma medida com base no desempenho proposto para avaliar a função motor. Encontraram uma melhora significativa na função motora após RV ($P = 0,05$).

Discussão

Sumário da evidência

No presente artigo, realizamos uma revisão sistemática com metanálise para avaliar os efeitos da realidade virtual quando comparada e fisioterapia convencional ou grupo controle em pacientes com sequelas crônicas de AVC. Nossos resultados demonstraram evidência significativa de melhora para os desfechos de equilíbrio, função motora e marcha quando tratados com realidade virtual (RV).

Na prática da reabilitação neurofuncional vários tratamentos terapêuticos estão disponíveis para reabilitação, sendo os tradicionais a facilitação neuromuscular proprioceptiva, o conceito neuroevolutivo e a reaprendizagem motora. A realidade virtual é uma técnica em ascensão. As novas tecnologias atraem os indivíduos e proporcionam um recurso interativo e lúdico durante a reabilitação, tornando o paciente mais motivado e participativo por gostar mais do tratamento [14].

O uso da realidade virtual foi significativo para alguns aspectos de equilíbrio nos integrantes dos estudos de três estudos [14,21,22] e para o resultado global da metanálise [10,17-19]. O equilíbrio é essencial para possibilitar o desempenho de tarefas, seja em repouso (equilíbrio estático) ou em movimento (equilíbrio dinâmico). Alterações em componentes do equilíbrio, como diminuição de força muscular, limitação na amplitude de movimento, modificações de tônus, controle motor, organização sensorial e alterações cognitivas [38] modificam a capacidade funcional do indivíduo, tornando-o mais propenso a quedas. O medo de cair pode influenciar negativamente na qualidade de vida e na independência funcional de pacientes pós-AVC [39]. Um estudo com 1174 indivíduos pós-AVC mostra que em dois anos, após o acometimento, o risco de queda é de 46% (IC, 43-48%) com lesões associadas a queda em 15% e fratura de quadril em 2,1% [40]. Um estudo realizado com 102 idosos avaliados com *Time up and Go* mostrou que houve correlação significativa entre desequilíbrio, tempo despendido e queda, assim como entre tontura e queda [41]. Nosso estudo sugere uma opção eficaz para a melhora do equilíbrio em pacientes com lesão crônicas resultantes do AVC.

Os estudos inclusos na metanálise de função motora de mão [11,23,24] demonstraram melhora, bem como os de função de membro superior [11,14,23,24,26-28]. Um estudo mostrou melhora nos movimentos intencionais e não intencionais dos indivíduos tratados com videogame [42]. O déficit na função motora interfere na realização de tarefas com finalidades específicas a serem atingidas através de movimento voluntário o que resulta em dependência funcional reduzindo a qualidade de vida dos pacientes. Um estudo com pacientes com sequelas crônicas de AVC mostra que havia uma maior dependência das informações visuais para compensar a perda sensório-motora [43]. Através do feedback visual proporcionado pela RV, os indivíduos podem controlar seus próprios movimentos e tentar reproduzir os movimentos padrão exigidos para cumprir a tarefa que é mostrado em tempo real.

Muitos dos métodos de realidade virtual descritos neste estudo exigem que o paciente utilize o membro afetado, o que sugere ganhos na função motora, visto que no cotidiano os pacientes acabam negligenciando o membro parético, pois criam estratégias compensatórias e utilizam mais o membro não afetado. Quanto a medida de independência funcional, pode não ter sido significativa, já que o tempo de tratamento apresentado nos estudos foi de cinco dias por um período de quatro semanas [26,28] e três dias por seis semanas [29] o que seria um curto período de tempo para avaliar.

Outro fator que pode ser considerado refere-se aos critérios de inclusão e exclusão. Encontramos como critério de inclusão dos artigos: sentar-se de forma independente por pelo menos 30 minutos e seis meses pós-AVC [29], ter recebido tratamento convencional de fisioterapia no período logo após o acidente vascular cerebral e seis meses após-AVC [28] e um ano pós-AVC [26]. Encontramos como critério de inclusão de estudo a presença de hemiplegia completa [26]. Estudos indicam que a recuperação do quadro funcional depende da severidade do acometimento e ocorre principalmente nas seis semanas após o episódio [44].

Resultados positivos foram encontrados para velocidade da marcha, distância percorrida, comprimento do passo, resistência para caminhada, capacidade de vencer obstáculos. Estudo recente com adultos com 65 anos ou mais de idade demonstra que a velocidade da marcha foi significativamente associada com a sobrevivência. Além disso, a marcha com velocidade lenta é preditivo de hospitalização, institucionalização, deficiência, demência e quedas em idosos [45]. Nos pacientes pós-AVC, consequências funcionais tais como um estilo de vida sedentário, limitações para realizar atividades de vida diária, contribuem para a baixa autoestima, depressão, isolamento social e deterioração física [46]. A RV apresenta-se como uma ferramenta de intervenção que vem se mostrando eficaz e motivadora, capaz de utilizar as tarefas aprendidas na terapia em RV para as atividades cotidianas. A inclusão de maior segurança e aumento visual pode ser responsável pela eficácia da intervenção em realidade virtual.

Conforme novas habilidades são aprendidas e novas experiências adquiridas, as células nervosas alteram sua forma de responder ao ambiente e, com isso, refletir as circunstâncias de sua alteração. Estudos têm demonstrado que as conexões neuronais corticais podem ser remodeladas pela experiência a fim de melhorar funções neurológicas e habilidades [47].

As intervenções clássicas buscam resolver os comprometimentos motores e a inabilidade das tarefas de vida diária através do comportamento repetitivo buscando através da repetição da prática física uma resposta que influencie na atividade motora. A reabilitação através da realidade virtual pode ser adicionada as práticas clássicas fornecendo estímulos diferenciados (por exemplo, visual, auditivo, motivacional) e proporcionando ao paciente experiências diversificadas para favorecer o seu processo de reabilitação, auxiliando para que o paciente retorne as suas atividades de vida diária o quanto antes. Nesse âmbito os processos de plasticidade neural podem ser favorecidos pela realidade virtual.

Pontos fortes e limitações

Algumas limitações presentes no nosso estudo merecem ser destacadas. Primeiramente, os estudos incluídos na nossa revisão sistemática possuem diferentes métodos de aplicação da RV, a citar plataforma de força, jogos virtuais, esteira em realidade virtual, esteira com obstáculos virtuais e tarefas em ambiente virtual. Além disso, os estudos diferiram quanto ao tempo e intensidade das intervenções.

Comparação com outras revisões

Autores de outra revisão sistemática [48] realizaram seu trabalho a respeito desse tópico recentemente, porém incluindo AVC crônico e agudo além de o grupo controle não ter nenhuma intervenção. Nesse artigo, observaram-se os efeitos de realidade virtual e jogos de vídeo interativo no membro superior, membro inferior e função motora global após-AVC, seja ele crônico ou agudo, relacionados à função e atividade dos membros superiores, função da marcha e equilíbrio, atividade e função motora global. Os resultados foram estatisticamente significativos para a função braço (diferença média padronizada (SMD) 0,53, intervalo de confiança de 95% (IC) 0,25 a 0,81 baseado em sete estudos com 205 participantes), já neste estudo não se observaram efeitos estatisticamente significativos para a força de preensão ou velocidade da marcha, ao contrário desse não houve como determinar o efeito sobre a função motora global, devido ao número insuficiente de estudos comparáveis. Esta revisão inclui estudos que compararam a realidade virtual com qualquer intervenção alternativa ou nenhuma intervenção.

Conclusão

Esta revisão sistemática com metanálise sugere que o tratamento com realidade virtual melhora o equilíbrio, a função motora e a marcha, merecendo assim consideração como intervenção adicional em pacientes com sequelas decorrentes de AVC. No entanto divergências nas intensidades de tratamento e métodos de aplicação da realidade virtual sugerem que são necessários novos ECR sobre esse assunto.

Referências

1. Mukherjee D, Patil CG. Epidemiology and the global burden of stroke. *World Neurosurg* 2011;76(6):85-90.
2. Goldstein LB, Bushnell CD, Adams RJ, Appel LJ, Braun LT, Chaturvedi S et al. Guidelines for the Primary Prevention of Stroke: A Guideline for Healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 2011;42(2):517-84.
3. Tsai CF, Thomas B, Sudlow CL. Epidemiology of stroke and its subtypes in Chinese vs. white populations: a systematic review. *Neurology* 2013;81(3):264-72.
4. Pompeu SMAA, Pompeu JE, Rosa M, Silva MR. Correlation between motor function, balance and respiratory muscular strength after Stroke. *Rev Neurocienc* 2011;19(4):614-20.
5. 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.
6. Pavão SL, Sousa NVC, Oliveira CM, Castro PCG, Santos MCM. O ambiente virtual como interface na reabilitação pós-AVE: relato de caso. *Fisioter Mov* 2013;26(2):455-62.
7. Lam YS, Man DW, Tam SF, Weiss PL. Virtual reality training for stroke rehabilitation. *Neuro Rehabilitation* 2006;21(3):245-53.
8. Soares AV, Woellner SS, Andrade CS, Mesadri TJ, Alessandro Diogo Bruckheimer AD et al. The use of virtual reality for upper limb rehabilitation of hemiparetic stroke patients. *Fisioter Mov* 2014;27(3):309-17.
9. Ruparel R, Johnson MJ, Strachota E, McGuire J, Tchekanov G. Evaluation of the theradrive system for robot/computer assisted motivating rehabilitation after stroke. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2009;811-4.
10. Kiper P, Agostini M, Luque-Moreno C, Tonin P, Turolla A. Reinforced feedback in virtual environment for rehabilitation of upper extremity dysfunction after stroke: preliminary data from a randomized controlled trial. *Biomed Res Int* 2014; 2014:752128.
11. 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.

12. Rand D, Givon N, Weingarden H, Nota A, Zeilig G. Eliciting upper extremity purposeful movements using video games: a comparison with traditional therapy for stroke rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair* 2014;28(8):733-9.
13. Cho KH, Lee WH. Effect of treadmill training based real-world video recording on balance and gait in chronic stroke patients: A randomized controlled trial. *Gaitpost* 2014;29(1):523-8.
14. Hung JW, Chou CX, Hsieh YW, Wu WC, Yu MY, Chen PC et al. Randomized comparison trial of balance training by using exergaming and conventional weight-shift therapy in patients with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2014;95(9):1629-37.
15. Robinson KA, Dickersin K. Development of a highly sensitive search strategy for the retrieval of reports of controlled trials using PubMed. *Int J Epidemiol* 2002;31(1):150-3.
16. Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ* 2003;327(7414):557-60.
17. Cho KH, Lee KJ, Song CH. Virtual-reality balance training with a video-game system improves dynamic balance in chronic stroke patients. *Tohoku J Exp Med* 2012;228(1):69-74.
18. 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;92:371-84.
19. 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;88:693-701.
20. Singh DKA, Nordin NAM, Aziz NAA, Lim BK, Soh LC. Effects of substituting a portion of standard physiotherapy time with virtual reality games among community-dwelling stroke survivors. *BMC Neurol* 2013;13(199):1-7.
21. Lee SW, Shin DC, Song CH. The effects of visual feedback training on sitting balance ability and visual perception of patients with chronic stroke. *J Phys Ther Sci* 2013;25(5):635-9.
22. Yang S, Hwang W-H, Tsai Y-C, Liu F-K, Hsieh L-F, Chern J-S: Improving balance skills in patients who had stroke through virtual reality treadmill training. *Am J Phys Med Rehabil* 2011;90:969-78.
23. Jang SH, You SH, Hallett M, Cho YW, Park C-M, Cho S-H, Lee H-Y, Kim T-H. Cortical reorganization and associated functional motor recovery after virtual reality in patients with chronic stroke: an experimenter-blind preliminary study. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86:2218-23.
24. Sin HH, Lee GC. Additional virtual reality training using Xbox Kinect in stroke survivors with hemiplegia. *Am J Phys Med Rehabil* 2013;92:871-80.
25. Housman SJ, Scott KM, Reinkensmeyer DJ. A randomized controlled trial of gravity-supported, computer-enhanced arm exercise for individuals with severe hemiparesis. *Neurorehabil Neural Repair* 2009;23(5):505-14.
26. Kiper P, Agostini M, Luque-Moreno C, Tonin P, Turolla. Reinforced feedback in virtual environment for rehabilitation of upper extremity dysfunction after stroke: preliminary data from a randomized controlled trial. *BioMed Research International* 2014:752128.
27. Piron L, Turolla A, Agostini M, Zucconi C, Cortese F, Zampolini M, Zannini M, Dam M, Ventura L, Battauz M, Tonin P. Exercises for paretic upper limb after stroke: a combined virtual-reality and telemedicine approach. *J Rehabil Med* 2009;41(12):1016-102.
28. Piron L, Turolla A, Agostini M, Zucconi CS, Ventura L, Tonin P, Dam M. Motor learning principles for rehabilitation: a pilot randomized controlled study in poststroke patients. *Neurorehabil Neural Repair* 2010;24(6):501-8.
29. Lee G. Effects of training using video games on the muscle strength, muscle tone, and activities of daily living of chronic stroke patients. *J Phys Ther Sci* 2013;25(5):595-7.
30. Crosbie JH, Lennon S, McGoldrick MC, McNeill MD, McDonough SM. Virtual reality in the rehabilitation of the arm after hemiplegic stroke: a randomized controlled pilot study. *Clin Rehabil* 2012;26(9):798-806.
31. Piron L, Turolla A, Tonin P, Piccione F, Lain L, Dam M. Satisfaction with care in post-stroke patients undergoing a telerehabilitation programme at home. *J Telemed Telecare* 2008;14(5):257-60.

32. Rand D, Givon N, Weingarden H, Nota A, Zeilig G. Eliciting upper extremity purposeful movements using video games: a comparison with traditional therapy for stroke rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair* 2014;28(8):733-9.
33. Park Y-H, Lee C, Lee B-H. Clinical usefulness of the virtual reality-based postural control training on the gait ability in patients with stroke. *J Exerc Rehabil* 2013;9(5):489-94.
34. 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(3):283-92.
35. 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.
36. 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.
37. You SH, Jang SH, Kim YH, Hallett M, Ahn SH, Kwon YH, Kim JH, Lee MY. Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: an experimenter-blind randomized study. *Stroke* 2005;36(6):1166-71.
38. Bonan IV, Guettard E, Leman MC, Colle FM, Yelnik AP. Subjective visual vertical perception relates to balance in acute stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87(5):642-6.
39. Monteiro RBC, Laurentino GE, Melo PG, Cabral DL, Correa JC, Teixeira-Salmela LF. Fear of falling and the relationship with the measure of functional independence and quality of life in post-cerebral Vascular Accident (Stroke) victims. *Cienc Saúde Coletiva* 2013;18(7):2017-27.
40. Divani AA, Vazquez G, Barrett AM, Asadollahi M, Luft AR. Risk factors associated with injury attributable to falling among elderly population with history of stroke. *Stroke* 2009;40(10):3286-92.
41. Bretan O, Silva Júnior JE, Ribeiro OR, Corrente JE. Risk of falling among elderly persons living in the community: assessment by the Timed up and Go Test. *Braz J Otorhinolaryngol* 2013;79(1):18-21.
42. Rand D, Givon N, Weingarden H, Nota A, Zeilig G. Eliciting upper extremity purposeful movements using video games: a comparison with traditional therapy for stroke rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair* 2014;28(8):733-9.
43. Scalha, TB, Miyasaki, E, Lima NMFV, Borges G. Correlations between motor and sensory functions in upper limb chronic hemiparetics after stroke. *Arq Neuro-Psiquiatr* 2011;69(4):624-9.
44. Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Vive-Larsen J, Støier M, Olsen TS et al. Outcome and time course of recovery in stroke. Part II: Time course of recovery. The Copenhagen stroke study. *Arch Phys Med Rehabil* 1995;76(5):406-12.
45. Studenski S, Perera S, Patel K. Gait speed and survival in older adults. *JAMA* 2011;305(1):50-8.
46. Moreira MC, Lima AM, Ferraz KM, Benedetti Rodrigues MA et al. Use of virtual reality in gait recovery among post stroke patients – a systematic literature review. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2013;8(5):357-62.
47. Elbert T, Rockstroh B. Reorganization of human cerebral cortex: the range of changes following use and injury. *The Neuroscientist* 2004;10(2):129-41.
48. Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev* 2015;12(2):CD008349.