



ISSN: 2675-9683

Revista de Ensino, Ciência e Inovação em Saúde

Homepage: <http://recis.huunivasf.ebserh.gov.br>



A realidade virtual na reabilitação do equilíbrio e da marcha em lesões neurológicas: revisão bibliográfica

Virtual reality in the rehabilitation of balance and gait in neurological injuries: bibliographic review

Carolina Cunha Carvalho¹; Deysi Micaelli Rodrigues Cantarelli¹; Pedro Guilherme Campos Lima¹; Allana Núbia Santos Araújo¹; Simone Monteiro de Lima Alves²; Gisele Cunha de Carvalho³; Maria Déborah Monteiro de Albuquerque⁴

¹Graduandos do curso de Fisioterapia na Faculdade UniBRAS – Juazeiro/BA, ²Graduanda do curso de Enfermagem na Faculdade UniBRAS – Juazeiro/BA, ³Graduanda do curso de Enfermagem na Faculdade UniFTC – Juazeiro/BA, ⁴Fisioterapeuta e Mestre em Ciências da Saúde e Biológicas da UNIVASF

Autor correspondente: carolina_cunhacarvalho@hotmail.com
Artigo recebido em 19/04/2021 e aceito em 13/10/2021

RESUMO

A Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia, que proporciona ao usuário uma interação com um sistema operacional, em tempo real, levando a sensações próximas da realidade, com sentimentos de presença. Sendo uma ferramenta cada vez mais utilizada no tratamento fisioterapêutico, surgindo para auxiliar na reabilitação de diversas ocasiões e objetivos, como a reabilitação de indivíduos com lesões neurológicas. O objetivo é realizar um levantamento bibliográfico sobre a eficácia prática da aplicabilidade da RV associada a reabilitação fisioterapêutica no equilíbrio e marcha de indivíduos adultos com lesões neurológicas. Trata-se de uma revisão da literatura, descritiva. A coleta foi realizada em outubro e novembro de 2019, nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed, Physiotherapy Evidence Database (PEDro) utilizando referências de 2014 a 2019. Os estudos mostraram diferenças entre os grupos que realizaram a reabilitação associada a RV e os que não utilizaram a RV, pois a RV fornece ambientes que são difíceis de serem executados, fazendo com o que o indivíduo viva novas experiências, estimulando sua neuroplasticidade e o aprendizado motor, por isso se torna mais eficaz do que apenas a reabilitação convencional. De acordo com a literatura, conclui-se que os estudos relatam efeitos positivos no treinamento fisioterapêutico de equilíbrio e marcha associado a RV, além de trazer outros benefícios para os indivíduos, comparado com o tratamento fisioterapêutico convencional.

Palavras-chave: Realidade Virtual; Marcha; Equilíbrio Postural; Doenças do Sistema Nervoso; Modalidades de Fisioterapia.

ABSTRACT

Virtual Reality (VR) is a technology that provides the user with an interaction with an operating system, in real time, leading to sensations close to reality, with feelings of presence. Being an increasingly used tool in physiotherapeutic treatment, arising to assist in the rehabilitation of several occasions and objectives, such as the rehabilitation of individuals with neurological lesions. The objective is to conduct a bibliographic survey on the practical efficacy of VR applicability associated with physiotherapeutic rehabilitation in balance and gait of adult individuals with neurological lesions. This is a review of the literature, descriptive. The collection was carried out in October and November 2019, in the Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed, Physiotherapy Evidence Database (PEDro) databases using references from 2014 to 2019. The studies showed differences between the groups that underwent rehabilitation associated with VR and those who did not use VR, because VR provides environments that are difficult to perform, causing the individual to

live new experiences, stimulating his/her neuroplasticity and motor learning, so it becomes more effective than just conventional rehabilitation. According to the literature, it is concluded that the studies report positive effects on physiotherapeutic training of balance and gait associated with VR, besides bringing other benefits to individuals, compared with conventional physiotherapeutic treatment.

Keywords: Virtual Reality; Gait; Postural Balance; Nervous System Diseases; Physical Therapy Modalities.

INTRODUÇÃO

A Realidade Virtual (RV) é definida por simulações interativas criadas por hardware e software para oferecer aos usuários oportunidades de se envolver em ambientes que parecem com objetos e eventos do mundo real.^{1,2}

A RV é uma tecnologia, que proporciona ao usuário uma interação com um sistema operacional, em tempo real, levando a sensações próximas da realidade, com sentimentos de presença.^{1,2}

Sendo uma ferramenta cada vez mais utilizada, na área da saúde, tem sido aplicada no tratamento fisioterapêutico, surgindo como auxílio na reabilitação de pacientes com doença de Parkinson, esclerose múltipla, pós-Acidente Vascular Cerebral (AVC) agudo e crônico, lesão cerebral traumática e paralisia cerebral.¹

Na reabilitação de indivíduos com lesões neurológicas, tem o objetivo de facilitar a aprendizagem motora e promover a neuroplasticidade, fazendo com que esses indivíduos sejam sujeitos a novas experiências ou atividades antigas, já aprendidas anteriormente onde não realizam certos movimentos ou que precisam ser aprimoradas.^{1,2}

Os indivíduos que possuem uma lesão neurológica, apresentam deficiências sensoriais, motoras, cognitivas e visuais, levando a comprometimentos que podem ser representadas por perda na força e coordenação muscular, onde sendo acometido os membros inferiores podem ter uma perda/déficit de equilíbrio e limitação na marcha que são itens importantes para uma independência funcional, sendo associado a riscos de queda, diminuição das atividades diárias e consequentemente reduzindo a sua qualidade de vida, principalmente em indivíduos que tenham uma idade mais avançada pois o envelhecimento já leva a perdas de nível funcional e cognitivos.¹⁻⁴

As intervenções utilizadas nesse grupo de indivíduos devem ser adaptadas individualmente de acordo com sua deficiência, ou seja, melhorar suas habilidades sensoriais, motoras e cognitivas, que inclui aprimorar o equilíbrio e a marcha.^{1,5}

A marcha é o movimento do corpo que tem como objetivo se deslocar de um ponto para o outro, o comprometimento desse movimento nos

indivíduos com lesões neurológicas é o principal motivo para sua falta de independência. Para Gupta & Taly (2019), os fatores que contribuem para a anormalidade da marcha incluem déficits sensoriais, fraqueza muscular, espasticidade e cognição prejudicada. Esse déficit no caminhar afeta sua funcionalidade, levando a uma baixa velocidade da marcha, resistência e equilíbrio prejudicados, aumenta o risco de quedas e fraturas, comprometendo a qualidade de vida. Por isso, é importante a análise da marcha para realizar o planejamento de tratamentos e intervenções precisos, alcançando os objetivos do tratamento.⁶⁻⁸

Para alcançar esses objetivos é necessário fornecer treinamento repetitivo e personalizado de alta intensidade, retransmitir informações sobre o desempenho dos pacientes por meio de *feedback multimodal* e melhorar a motivação.^{1,5}

As vantagens da RV comparando com a reabilitação convencional nesses indivíduos, é o aumento da motivação facilitando o aprimoramento do aprendizado motor, da variação das tarefas, fornecendo ambientes que simulam uma atividade de vida diária (AVD) com *feedback* multissensorial (visual e auditivo, principalmente) em tempo real, e da progressão do tratamento, pois pode reorganizar a estrutura neural estimulando a recuperação ou o ganho de habilidades motoras, após uma lesão neurológica.^{1,2}

De acordo com a literatura já existe uma crescente evidência sobre os benefícios da RV para aperfeiçoar os ganhos adquiridos no equilíbrio e na marcha de indivíduos com lesões neurológicas, além de demonstrar ser seguro e econômico, porém ainda não se sabem a dosagem, tarefas adequadas e eficácia a longo prazo, dificultando as intervenções padronizadas no uso da RV na reabilitação.

Este estudo analisa o que há de mais atual na literatura sobre o uso da RV contribuindo na reabilitação fisioterapêutica do equilíbrio e da marcha de indivíduos adultos com lesões neurológicas. O objetivo é realizar um levantamento bibliográfico sobre o efeito prático da aplicabilidade da RV de indivíduos adultos com lesões neurológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Fontes de dados e pesquisas

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica em outubro e novembro de 2019, nas bases de dados *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *PubMed*, *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro) utilizando referências de 2014 a 2019. Os termos de pesquisa incluíram palavras-chave na língua portuguesa como “Realidade Virtual” and/or “Marcha” and “Equilíbrio Postural” and “Doenças do Sistema Nervoso” and “Modalidades de Fisioterapia”. Na língua inglesa com os termos: “*Virtual Reality*” and “*Gait*” and “*Postural Balance*” and “*Nervous System Diseases*” and “*Physical Therapy Modalities*”.

Seleção do estudo

Foram incluídos Ensaios Clínicos/ Controlados Randomizados (ECRs), voltados para a população adulta ou idosa, acima de 18 anos, com sequelas de doenças neurológicas como a doença de Parkinson, esclerose múltipla, pós-AVC agudo e crônico.

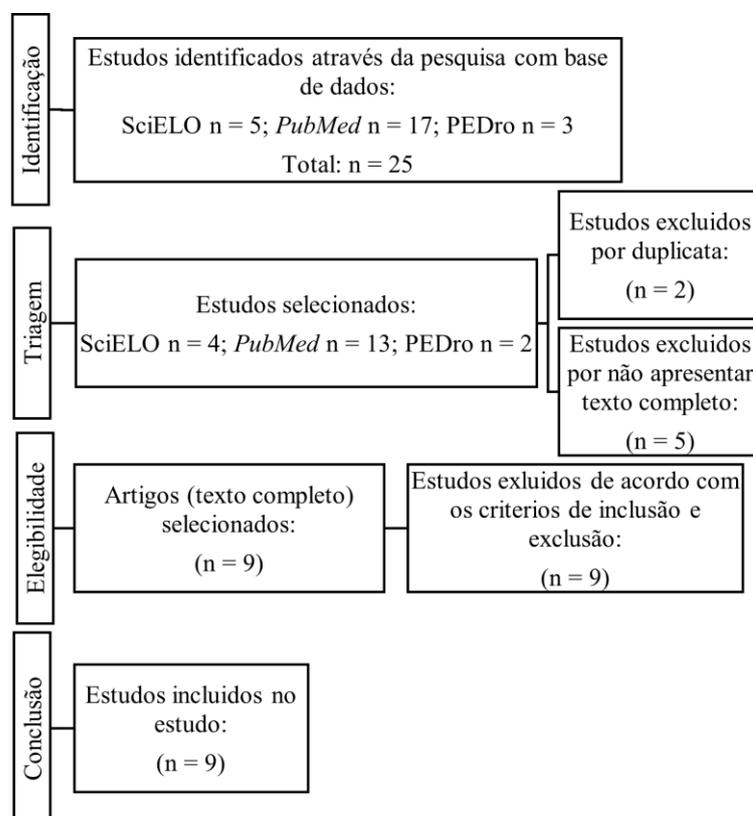
O presente trabalho se deteve em pesquisar apenas estudos com intervenções fisioterápicas que compararam o efeito do treinamento de marcha ou equilíbrio sem RV com o efeito de treinamento de marcha ou equilíbrio com RV, ou que abordavam o efeito da RV voltada para o tratamento de indivíduos com lesões neurológicas.

Também para inclusão todos os artigos deveriam estar completos e escritos na língua portuguesa ou inglesa e como o objetivo desta revisão de literatura é determinar o que há de mais atual da implementação da RV na reabilitação.

Foram excluídos consequentemente artigos voltados para a população pediátrica, além disso, estudos como revisões sistemáticas e meta-análises e artigos duplicados.

Identificação dos artigos encontrados

No total, 25 artigos foram encontrados nas bases de dados escolhidas, onde 2 eram artigos duplicados, sendo removidos e 14 também foram removidos pois não cumpriam com os critérios de inclusão do estudo. Com isso, 9 artigos foram incluídos na revisão. Como mostra no Fluxograma 1.



Fluxograma 1 – Seleção e inclusão dos artigos no estudo

Tabela 1 – Características dos estudos selecionados

AUTOR (ANO)	DESENHO DO ESTUDO	OBJETIVO	POPULAÇÃO	INTERVENÇÃO	DESFECHO
Bergmann ⁹	Ensaio piloto randomizado, cego, controlado, com dois braços paralelos	Avaliar a aceitabilidade e do treinamento de marcha assistida por robô (RAGT) com e sem RV	20 pacientes com AVC subagudo, sexo masculino e feminino e idade entre 64 a 69 anos	Doze sessões de RAGT aumentado com RV (grupo de intervenção) ou RAGT padrão, sem RV (grupo de controle)	O treinamento de marcha assistida por robô aumentado por RV resultou em alta aceitabilidade e motivação, além de uma taxa de abandono reduzida e um tempo de treinamento prolongado em comparação ao treinamento de marcha assistida por robô padrão, sem RV
Rooij ¹⁰	Ensaio clínico cego, randomizado e controlado com dois grupos paralelos	Examinar o efeito do treinamento de marcha com RV na participação de pessoas que vivem na comunidade após o AVC	Pacientes pós-AVC subagudo, sexo masculino e feminino e idade entre 18 a 80 anos	Treino de marcha em realidade virtual ou grupo de treino de marcha em realidade não virtual, que consiste em treinamento convencional em esteira e exercícios funcionais de marcha, durante 2 sessões de 30 minutos por semana, por 6 semanas (12 sessões)	O treinamento de marcha com RV é um grande potencial para reabilitação após o AVC, sendo uma adição valiosa à fisioterapia, fornecendo uma terapia intensiva, variável e agradável que pode ser facilmente ajustada às habilidades do paciente
In ¹¹	Ensaio clínico randomizado	Investigar se a terapia de reflexão de RV poderia melhorar o equilíbrio postural e a habilidade de marcha de pacientes com AVC crônico	25 pacientes pós-AVC crônico	Um grupo utilizou a terapia de reflexão de RV e o grupo controle a terapia convencional, durante cinco vezes por semana, por 4 semanas	A aplicação da terapia de reflexão de RV junto com um programa de reabilitação convencional para pacientes com AVC crônico é ainda mais benéfico do que o programa de reabilitação convencional sozinho para melhorar a função afetada dos membros inferiores

Kalron ¹²	Ensaio piloto randomizado controlado	Examinar a eficácia de um programa de treinamento de equilíbrio de RV de 6 semanas	32 pessoas com Esclerose Múltipla remitente-recorrente	Grupo de intervenção usando a RV e o grupo de controle. Cada grupo recebeu sessões de treinamento de equilíbrio por 6 semanas consecutivas, duas sessões por semana, sessões de 30 minutos	O treinamento de equilíbrio baseado no dispositivo é um método eficaz de treinamento de equilíbrio para pacientes com Esclerose Múltipla
Kim ¹³	Estudo comparativo	Determinar se idosos e indivíduos com DP podem usar a RV, por um longo período de caminhada sem efeitos adversos	33 participantes, sendo 11 jovens saudáveis (27 a 28 anos), 11 idosos saudáveis (63 a 66 anos) e 11 indivíduos com a doença de Parkinson (65 a 67 anos)	Os participantes caminharam por 20 minutos enquanto visualizavam uma cena de cidade virtual por meio de um HMD (Oculus Rift DK2). A segurança foi avaliada usando o mini-BESTest, medidas de excursão do centro de pressão (CoP) e questionários abordando sintomas de doença do simulador (SSQ) e medidas de estresse e excitação.	Adultos mais velhos e indivíduos com a doença de Parkinson foram capazes de usar a RV imersiva durante a caminhada sem efeitos adversos, comprovando a segurança da RV imersiva para o treinamento da marcha nessas populações.
Liao ⁴	Ensaio de controle randomizado	Avaliar os efeitos do treinamento físico e cognitivo baseado em RV na função executiva e desempenho de marcha em dupla tarefa em adultos mais velhos com deficiência cognitiva leve	Trinta e quatro idosos, acima de 65 anos, com comprometimento cognitivo leve	Treinamento físico e cognitivo baseado em RV ou tradicional por 36 sessões durante 12 semanas	O programa levou a melhorias significativas no desempenho da marcha em dupla tarefa em idosos, como na velocidade (cm/s), que de 26,9 a 68,1 foi para 30,6 a 82,5 depois da intervenção, o que pode ser atribuído a melhorias na função executada

Oh ⁷	Avaliação Biomecânica	Verificar se é possível iniciar o giro em uma esteira linear com ritmo próprio baseado em RV	Pacientes adultos, de 22 a 35 anos, com lesões cerebrais	Caminhada baseada em RV combinada com a esteira unidirecional para estimular o usuário a iniciar a marcha de giro	Houve aumentos significativos na rotação da cabeça, rotação pélvica, abdução do quadril direito, adução do quadril esquerdo, progressão do pé, forças de reação medial-lateral do solo, nível de ativação do isquiotibial medial direito e alterações na largura do passo durante a RV em comparação com a caminhada em linha reta
Severiano ¹⁴	Estudo observacional prospectivo	Verificar a eficácia dos exercícios de equilíbrio com realidade virtual na doença de Parkinson	6 pacientes do sexo feminino e 10 do sexo masculino com a doença de Parkinson, com idade entre 18 e 82 anos	Foram submetidos a testes e escalas de equilíbrio, antes e depois da aplicação da realidade virtual	A reabilitação do equilíbrio corporal por meio da RV mostrou-se eficiente para melhorar o equilíbrio corporal e a capacidade funcional, reduzindo o risco de quedas, aumentando a autoconfiança e melhorando a qualidade de vida desses pacientes
Yang ¹⁵	Ensaio clínico randomizado	Testar a eficácia do treinamento de equilíbrio de realidade virtual em casa na melhoria do equilíbrio, caminhada e qualidade de vida em pacientes com doença de Parkinson (DP).	23 pacientes com doença de Parkinson, com idade de 55 a 85 anos, função cognitiva intacta, sem praticar exercícios de equilíbrio ou marcha nos últimos 6 meses e sem nenhuma condição médica não tratada que possa afetar o equilíbrio e a função de caminhar	Foram realizadas doze sessões de treinamento de 50 minutos durante o período de treinamento de 6 semanas. O grupo experimental foi treinado com um sistema de treinamento de equilíbrio de realidade virtual, e o grupo controle foi treinado com fisioterapia convencional	Este estudo não encontrou nenhuma diferença entre os efeitos do treinamento de equilíbrio da RV em casa e do treinamento convencional de equilíbrio em casa, as duas opções de treinamento foram eficazes

DESENVOLVIMENTO

Os efeitos dos programas de reabilitação associado a RV de acordo com os estudos incluídos

De acordo com a literatura indivíduos com lesões neurológicas têm dificuldades durante as transições da marcha, como início, término e giro da etapa, demonstrando um aumento do tremor, hesitação, perda de estabilidade ou até quedas, que costumam causar outras lesões, demonstrando a importância de incluir a marcha e o equilíbrio na reabilitação fisioterapêutica desses indivíduos.⁷

Os estudos mostraram diferenças entre os grupos que realizaram a reabilitação associada a RV e os que não utilizaram, pois, a RV fornece ambientes que são difíceis de serem executados, fazendo com que o indivíduo viva novas experiências, estimulando sua neuroplasticidade e o aprendizado motor, por isso se torna mais eficaz do que apenas a reabilitação convencional.^{9,10}

Segundo a literatura o tratamento com o uso da RV mostrou-se ser seguro, econômico, variável, agradável e eficaz para esse tipo de indivíduo, beneficiando com motivações claras, integrando vários estímulos sensoriais através de sistemas visual, auditivo, tátil e somatossensorial, melhorando o efeito do tratamento. Além de fornecer informações diferentes para o indivíduo: A) Visualização de movimento: os movimentos do paciente são capturados e representados no ambiente virtual, durante uma atividade motora; B) Feedback de desempenho: as informações sobre o objetivo atingido ou uma alteração de movimento necessária são transmitidas através de uma ou várias modalidades sensoriais, de acordo com a conclusão da tarefa; C) Informações de contexto: os recursos são incorporados em um ambiente virtual, onde pode variar de um ambiente técnico muito realista a um irrealista.^{4,7,9-15}

A RV foi benéfica pois teve aumentos significativos na rotação da cabeça, rotação pélvica, abdução do quadril direito, adução do quadril esquerdo, progressão do pé, forças de reação medial-lateral do solo, nível de ativação do isquiotibial medial direito e alterações na largura do passo durante a RV em comparação com a caminhada em linha reta.⁷

A RV associada a reabilitação teve benefícios, principalmente quando combinado com outras intervenções, como: melhora na velocidade da marcha durante condições de tarefa única e dupla, na mobilidade funcional com carga cognitiva, no equilíbrio dinâmico, no ganho de

força muscular e amplitude de movimento articular e diminuindo a dor e o risco de queda, aumentando a qualidade de vida e a capacidade de realizar as atividades de vida diária.^{4,7,9-15}

Para os pesquisadores o uso da RV é viável e eficaz quando implementado de maneira clínica rotineira, isso porque concluiu que a reabilitação baseada em RV traz vantagens sobre a reabilitação convencional por incorporar princípios de aprendizado motor, porém existem muitos desafios relacionados à incorporação da tecnologia da RV como as ferramentas terapêuticas de rotina, principalmente devido ao número relativamente grande de graus de liberdade que a tecnologia permite, por exemplo, tipos de ambientes e cenários de feedback.⁴

É importante salientar que a base para o aprendizado motor é o treinamento repetitivo, o que a RV disponibiliza com mais facilidade, beneficiando o aperfeiçoamento de habilidades motoras pelo treinamento motor específico, havendo diferença, nos estudos incluídos, na intensidade imposta no treinamento durante a reabilitação, podendo ser ajustada de acordo com as necessidades e características do indivíduo. As mudanças durante o treinamento, também são importantes pois ajudará a melhorar a capacidade de adaptação a novas situações.^{9,11,12}

O feedback, ou seja, a reação do indivíduo ao estímulo durante a utilização da RV pode ser dividida em intrínseco e extrínseco, sabendo-se que o feedback melhora a capacidade de aprendizagem. O feedback intrínseco refere-se a informações somáticas, incluindo informações táteis, proprioceptivas e cinestésicas, já o feedback extrínseco é fornecido através de uma fonte externa.^{9,11,12}

Com isso, acredita-se que a RV melhora todos os aspectos envolvidos na reabilitação do equilíbrio e da marcha de indivíduos com lesões neurológicas, melhorando a motivação, o prazer, a aceitação do tratamento e diminuindo a percepção do esforço.

CONCLUSÃO

De acordo com a literatura, conclui-se que os estudos relatam efeitos positivos no treinamento fisioterapêutico de equilíbrio e marcha associado a RV, além de trazer outros benefícios para os indivíduos, comparado com o tratamento fisioterapêutico convencional. Sendo indivíduos de difícil tratamento, são necessários as adaptações e

os detalhes a serem usados devem ser definidos de acordo com os objetivos a serem alcançados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Porras DC, Sharon H, Inzelberg R, Ziv-Ner Y, Zeilig G, Plotnik M. Reabilitação avançada de equilíbrio e marcha baseada em realidade virtual na prática clínica. *Avanços terapêuticos em doenças crônicas*, 10, 2040622319868379. (2019). <https://doi.org/10.1177/2040622319868379>
2. Lee HS, Park YJ, Park SW. The Effects of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BioMed Research International*, 1–12. (2019)
3. Rooij IJMD, Port IGLVD, Meily JMAV, Meijer JWG. Virtual reality gait training versus non-virtual reality gait training for improving participation in subacute stroke survivors: study protocol of the ViRTAS randomized controlled trial. *Trials*. 20(1), 89–. (2019). <https://doi.org/10.1186/s13063-018-3165-7>
4. Liao YY, Chen IH, Lin YJ, Chen Y, Hsu WC. Effects of Virtual Reality-Based Physical and Cognitive Training on Executive Function and Dual-Task Gait Performance in Older Adults With Mild Cognitive Impairment: A Randomized Control Trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 11, 162. (2019) <https://doi.org/10.3389/fnagi.2019.00162>
5. Santos LFD, Christ O, Mate K, Schmidt H, Krüger J, Dohle C. Visualização do movimento na reabilitação de realidade virtual do membro inferior: uma revisão sistemática. *BioMed Eng OnLine* 15, 144 (2016). <https://doi.org/10.1186/s12938-016-0289-4>
6. Gupta A, Taly AB. Post-stroke Gait Analysis in Rehabilitation Set-up: Observational or Instrumental!. *Neurology India*, 67(4), 1041–1042 (2019). <https://doi.org/10.4103/0028-3886.266276>
7. Oh K, Stanley CL, Damiano DL, Kim J, Yoon J, Park HS. Biomechanical Evaluation of Virtual Reality-based Turning on a Self-Paced Linear Treadmill. *Gait & posture* vol. 65 157-162. (2018). <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.07.175>
8. Sattelmayer M, Chevalley O, Steuri R, Hilfiker R. Over-ground walking or robot-assisted gait training in people with multiple sclerosis: does the effect depend on baseline walking speed and disease related disabilities? A systematic review and meta-regression. *BMC neurology*, 19(1), 93. (2019) <https://doi.org/10.1186/s12883-019-1321-7>
9. Bergmann J, Krewer C, Bauer P, Koenig A, Riener R, Müller F. Virtual reality to augment robot-assisted gait training in non-ambulatory patients with a subacute stroke: a pilot randomized controlled trial. *European journal of physical and rehabilitation medicine* June: 54(3), 397–407. (2018). <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04735-9>
10. Rooij IJMD, Port IGLVD, Meijer JWG. Effect of Virtual Reality Training on Balance and Gait Ability in Patients With Stroke: Systematic Review and Meta-Analysis. *Physical therapy*, 96(12), 1905–1918. (2016). <https://doi.org/10.2522/ptj.20160054>
11. In T, Lee K, Song C. Virtual Reality Reflection Therapy Improves Balance and Gait in Patients with Chronic Stroke: Randomized Controlled Trials. *Medical Science Monitor*, 4046–4053. (2016). <https://doi.org/10.12659/MSM.898157>
12. Kalron A, Fonkatz I, Frid L, Baransi H, Achiron A. The effect of balance training on postural control in people with multiple sclerosis using the CAREN virtual reality system: a pilot randomized controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 13(1),13. (2016) <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0124-y>
13. Kim A, Darakjian N, Finley JM. Walking in fully immersive virtual environments: an evaluation of potential adverse effects in older adults and individuals with Parkinson’s disease. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1),16. (2017) <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0225-2> <https://doi.org/10.1155/2019/7595639>
14. Severiano MIR, Zeigelboim BS, Teive HAG, Santos GJB, Fonseca VR. Effect of virtual reality in Parkinson’s disease: a prospective observational study. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. 76(2), 78–84. (2018) <https://dx.doi.org/10.1590/0004-282x20170195>
15. Yang WC, Wang HK, Wu RM, Lo CS, Lin KH. Home-based virtual reality balance training and conventional balance training in Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *Journal of the Formosan Medical Association*. Sep;115(9):734-43, (2015) <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2015.07.012>