



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS EM SAÚDE**

**ERIKA PEDREIRA DA FONSECA**

**EFEITO TERAPÊUTICO DA REALIDADE VIRTUAL EM INDIVÍDUOS APÓS  
ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Salvador,**

**2015**

ERIKA PEDREIRA DA FONSECA

EFEITO TERAPÊUTICO DA REALIDADE VIRTUAL EM INDIVÍDUOS APÓS  
ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

Dissertação apresentada ao curso  
de Pós-graduação em Tecnologias  
em Saúde da Escola Bahiana de  
Medicina e Saúde Pública para  
obtenção do título de mestre em  
Tecnologias em Saúde.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dra. Elen  
Beatriz Pinto

Salvador,

2015

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da EBMSP

F673 Fonseca, Erika Pedreira da

Efeito terapêutico da realidade virtual em indivíduos após acidente vascular cerebral: ensaio clínico randomizado. /Erika Pedreira da Fonseca. Salvador. 2015.

58 f.

Dissertação (mestrado) apresentada à Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública. Programa de Pós-Graduação em Medicina e Saúde Humana.

Orientadora: Profª Dra. Elen Beatriz Pinto  
Inclui bibliografia

1.Acidente Vascular Cerebral. 2.Equilíbrio. 3. Realidade virtual. I. Título.

CDU: 616.831

Nome: FONSECA, Erika Pedreira da

Título: Efeito terapêutico da realidade virtual em indivíduos após acidente vascular cerebral: ensaio clínico randomizado

Dissertação apresentada à Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública para obtenção do título de Mestre em Tecnologias em Saúde.

Aprovado em: 22 de outubro de 2015

Banca Examinadora

Profa. Dra. : Kátia Nunes Sá

Titulação: Doutora em Medicina e Saúde Humana

Instituição: Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública

Profa. Dra. : Helena França Correia dos Reis

Titulação: Doutora em Medicina e Saúde Humana

Instituição: Universidade Federal da Bahia

Profa. Dra. : Patrícia Lôrdelo

Titulação: Doutora em Medicina e Saúde Humana

Instituição: Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo equilíbrio, sabedoria e força para trilhar meus caminhos, e por me fazer cada dia mais crer que Ele é o Deus do impossível.

Agradeço à minha família por ser meu porto seguro, minha estrutura. A meus pais por sempre estarem ao meu lado, me apoiarem em todas as minhas decisões e me mostrarem sempre o quanto sou capaz. Aos meus irmãos por todo amor, carinho e palavras de incentivo.

Agradeço a Fabricio pelo companheirismo em todos os momentos e por sempre acreditar em mim. Sem a ajuda dele essa realização talvez não fosse possível.

Agradeço a dois amigos muito especiais cuja amizade nasceu nesse ciclo da minha vida e vai perdurar por todos os outros. Juliana e Franklin, obrigada por tudo!

Agradeço a Dra Elen pelo carinho, pela orientação sempre presente e principalmente pela confiança em mim e no meu trabalho.

Agradeço a Nildo por todo apoio e carinho que sempre me ofereceu e principalmente por ter me inserido nesse projeto.

Agradeço a todos os colegas e professores que sempre contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

## **INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS**

Escola Bahiana de Medicina

Saúde Pública e Faculdade Social da Bahia.

## **FONTES DE FINANCIAMENTO**

Este estudo está associado a um estudo principal, vinculado a uma Tese de Doutorado da Universidade de São Paulo (UNIFESP), no qual o doutorando foi beneficiado com um financiamento pela Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (FAPESP).

## RESUMO

Referência: PEDREIRA, Erika; PINTO, Elen. **TÍTULO:** Efeito terapêutico da realidade virtual em pacientes após AVC: ensaio clínico randomizado

**Introdução:** A Realidade Virtual é uma possibilidade terapêutica a ser utilizada com pacientes após o Acidente Vascular Cerebral (AVC) que podem cursar com alterações de equilíbrio. **Objetivo:** verificar o efeito terapêutico da Realidade Virtual, associada à fisioterapia convencional, sobre o equilíbrio na marcha e a ocorrência de quedas após AVC. **Materiais e Métodos:** ensaio clínico randomizado, cego, realizado com pacientes após AVC, randomizados em dois grupos, grupo experimental, que realizou fisioterapia convencional e treino com jogos de realidade virtual e grupo controle, que realizou apenas fisioterapia convencional, submetidos a avaliações de equilíbrio, pelo Gait Dynamic Index (DGI) e à investigação de ocorrência de quedas, antes e após 20 sessões de intervenção. O presente estudo foi registrado no [www.clinicaltrials.gov](http://www.clinicaltrials.gov) com o NCT02475083. Foi considerada diferença estatisticamente significativa um  $p < 0,05$ . **Resultados:** Foram selecionados 30 pacientes, porém ocorreram três perdas de seguimento, totalizando 13 no grupo controle e 14 no grupo tratamento. Verificou-se diferença do equilíbrio na marcha após intervenção no grupo controle ( $p = 0,047$ ) e a redução na ocorrência de quedas no grupo experimental foi significativa ( $p = 0,049$ ). No entanto, na análise intergrupos não houve diferença em ambos os desfechos. **Conclusão:** A terapia com realidade virtual é uma ferramenta útil para reabilitação do equilíbrio na marcha em pacientes após AVC, com repercussão na redução da ocorrência de quedas.

**Palavras-chave:** Acidente Vascular Cerebral. Equilíbrio. Realidade virtual.

## ABSTRACT

Reference: PEDREIRA, Erika; PINTO, Elen. **TITLE:** Therapeutic effect of virtual reality in patients after stroke: randomized clinical trial

**Background:** Virtual Reality is a therapeutic possibility to be used with patients after Stroke that may present with balance disorders. **Aim:** The aim of this study was to check the therapeutic effect of Virtual Reality associated with conventional physiotherapy on gait balance and the occurrence of falls after stroke. **Materials and Methods:** This is a randomized, blinded clinical trial, conducted with patients after stroke, randomized into two groups, treatment group, who performed conventional physical therapy and training with virtual reality games and control group, who received the conventional physiotherapy subjected to balance assessments, by the Dynamic Gait Index (DGI) and the investigation of falls before and after 20 intervention sessions. This study was registered at [www.clinicaltrials.gov](http://www.clinicaltrials.gov) (NCT02475083). It was considered a statistically significant difference a  $p < 0.05$ . **Results:** We selected 30 patients, but there were three segment losses, totaling 13 in the control group and 14 in the treatment group. There was difference in gait balance after intervention in the control group ( $p = 0.047$ ) and the reduction in the occurrence of falls in the treatment group was significant ( $p = 0.049$ ). However, in intergroup analysis there was no difference in both outcomes. **Conclusion:** Therapy with virtual reality is a useful tool for gait balance rehabilitation in patients after stroke, with repercussions in the reduction of falls.

**Key words:** Stroke. Balance. Virtual reality.



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Características sócio-demográficas e clínicas.....	25
Tabela 2: Ocorrência de quedas intragrupos.....	26
Tabela 3: Desempenho do equilíbrio na marcha e ocorrência de quedas intergrupos.....	26
Tabela 4: Correlação entre os escores dos domínios da DGI e o número de quedas.....	27

## ÍNDICE DE GRÁFICOS E FIGURAS

Gráfico 1: Desempenho do equilíbrio na marcha intragrupos.....	26
Figura 1: Paciente jogando tênis utilizando o Nintendo Wii®.....	22
Figura 2: Projeção do personagem utilizando o bambolê através do Nintendo Wii®.....	22
Figura 3: Fisioterapeuta manipulando o tronco da paciente para organização postural.....	23
Figura 4: Fisioterapeuta realizando treino de marcha com a paciente utilizando pistas visuais.....	23
Figura 5: Características demográficas e clínicas de 30 pacientes após AVC.....	25

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>AVC</b>	Acidente Vascular Cerebral
<b>AVCI</b>	Acidente Vascular Cerebral Isquêmico
<b>AVCH</b>	Acidente Vascular Cerebral Hemorrágico
<b>DGI</b>	Dynamic Gait Index
<b>OMS</b>	Organização Mundial de Saúde
<b>RV</b>	Realidade Virtual
<b>SNC</b>	Sistema Nervoso Central

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVO.....</b>	<b>13</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. Acidente Vascular Cerebral.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2. Equilíbrio no desempenho da marcha.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3. Reabilitação do equilíbrio com realidade virtual.....</b>	<b>17</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
<b>4.1. Desenho do estudo.....</b>	<b>20</b>
<b>4.2. Características da população.....</b>	<b>20</b>
<b>4.3. Procedimentos.....</b>	<b>20</b>
<b>4.4. Estatística.....</b>	<b>24</b>
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
<b>6 DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>7 LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS.....</b>	<b>30</b>
<b>8 CONCLUSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O acidente vascular cerebral (AVC) acomete anualmente milhões de pessoas no mundo<sup>1,2</sup>. Apesar do declínio da mortalidade da doença no Brasil<sup>3</sup>, os sobreviventes acometidos podem cursar com incapacidades<sup>4</sup>. A principal característica do AVC é a Hemiplegia/Hemiparesia<sup>5</sup>, a qual pode acarretar em prejuízos sensório-motores e conseqüentemente alteração do equilíbrio, limitação funcional e risco de quedas<sup>5-10</sup>. Autores relatam que essas quedas ocorrem mais em ambiente domiciliar e durante a marcha<sup>11</sup>.

A maioria desses pacientes recupera a capacidade de deambular, porém em muitos casos há alteração do controle postural<sup>12,13,14</sup>. O equilíbrio é uma habilidade motora funcional<sup>6</sup> que no paciente hemiparético pode estar comprometida, por este apresentar informações sensoriais visuais, vestibulares, somatossensoriais ou motoras alteradas<sup>12,13,14</sup>. Em alguns casos, as estratégias para manter o controle postural não são suficientemente eficazes levando à queda<sup>15</sup>. Autores relatam que 25% a 75% de pacientes após AVC tem história de quedas e desses, 10% apresentam conseqüências graves<sup>15,16</sup>, com 73% dos pacientes necessitando de internamento hospitalar em conseqüência da queda<sup>17</sup>. Como instrumento de avaliação na marcha tem-se o Dynamic Gait Index (DGI), o qual avalia o equilíbrio na marcha e é um preditor de quedas<sup>9</sup>.

A reabilitação do equilíbrio corporal dos pacientes após AVC torna-se imprescindível<sup>9,18</sup> para evitar episódios de quedas, que são as principais complicações após o AVC<sup>18</sup>. Entre as diferentes abordagens com esse objetivo está a realidade virtual<sup>19</sup>, que visa a simulação de atividades funcionais, que são base para reabilitação de pacientes neurológicos<sup>19-23</sup>. Autores observaram melhora do equilíbrio corporal em pacientes após AVC que realizaram a reabilitação com a realidade virtual, podendo esta ser utilizado como recurso terapêutico<sup>7,8,20,23-27</sup>. Porém, o equilíbrio na marcha e a ocorrência de quedas não foram avaliados em um mesmo estudo nessa população.

A realidade virtual já é relatada como uma ferramenta coadjuvante na reabilitação de pacientes após AVC, podendo gerar mais motivação e entretenimento<sup>21,23,27</sup>. Seu efeito terapêutico sobre o equilíbrio na marcha pode ter um impacto sobre a redução da ocorrência de quedas e suas conseqüências<sup>27</sup>.

## **2 OBJETIVO**

Averiguar o efeito terapêutico da realidade virtual associado à fisioterapia convencional, sobre o equilíbrio na marcha e a ocorrência de quedas em pacientes após AVC.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Acidente Vascular Cerebral

O acidente vascular cerebral é uma afecção neurológica de origem vascular, de início súbito, que gera morte neuronal e desorganização cerebral<sup>1,2,28</sup>. Acarreta em uma repercussão focal no cérebro, a depender da artéria atingida. A gravidade do quadro depende da área lesionada, da extensão da lesão, da eficácia do fluxo sanguíneo colateral, entre outros fatores<sup>2,29</sup>. Para ser caracterizado como AVC, o evento deve ter duração superior a 24 horas. Abaixo desse período de tempo tem-se o Acidente Isquêmico Transitório, o qual ocorre secundário pequenas lesões<sup>28</sup>.

Os principais tipos de AVC que são o isquêmico e o hemorrágico<sup>1,2,28</sup>. O AVC isquêmico (AVCI) é causado por uma obstrução arterial, seja pela aterosclerose, por formação de trombos ou êmbolos, ou até mesmo decorrente de uma redução da perfusão sanguínea cerebral, devido, por exemplo, à insuficiência cardíaca, com conseqüente isquemia do tecido encefálico normalmente irrigado por aquela artéria obstruída<sup>30,31</sup>. O AVC hemorrágico (AVCH) ocorre decorrente à ruptura de uma artéria, com extravasamento sanguíneo, o que compromete também a integridade do tecido neural. Ocorre geralmente pelo rompimento de aneurismas, que são dilatações das paredes dos vasos por deficiência muscular, ou por causa de más formações arteriovenosas de caráter evolutivo, que formam fistulas arteriovenosas e com o passar dos anos podem gerar dilatações nessas vasos, passíveis de rompimento<sup>1,2,30</sup>.

Os principais fatores de risco relacionados à essa patologia são Hipertensão arterial, cardiopatias e diabetes melitus; além deles tem-se dislipidemia, tabagismo, etilismo, uso de anticoncepcionais orais, obesidade, estresse, além de episódios anteriores de Acidentes Isquêmicos Transitórios<sup>32,33</sup>. A hipertensão arterial predispõe tanto ao AVCI pela propensão de formação de trombos, quanto ao AVCH, pelo aumento da pressão intravascular, com predisposição ao rompimento do mesmo<sup>30</sup>.

A principal apresentação dessa doença é a hemiplegia/hemiparesia, caracterizada pelos comprometimentos sensoriais e motores, devido à deficiência na programação e execução motora, que podem levar a limitações funcionais e incapacidades<sup>1,2,34</sup>. Dentre elas tem-se alteração da sensibilidade, alteração de tônus, reflexos anormais, movimentos involuntários,

distúrbios de linguagem, disfunção perceptiva e cognitiva, déficit de equilíbrio e alteração da marcha<sup>34,35</sup>. Há evidências de que a velocidade da marcha encontra-se reduzida em pacientes após AVC por alteração no equilíbrio, o que necessita de um treino específico<sup>36</sup>.

### **3.2 Equilíbrio no desempenho da marcha**

A marcha é o principal modelo da locomoção humana<sup>36</sup>, a qual utiliza padrões cíclicos de movimento, sendo uma atividade complexa, que envolve todos os sistemas do corpo<sup>37</sup>. Em adultos sem alterações, ela é realizada de forma quase totalmente automática<sup>38</sup> com a utilização do gerador de padrão central, porém muitas vezes necessitando de ajustes no controle motor<sup>39</sup>. Um dos principais determinantes de independência funcional é a habilidade normal da marcha<sup>36</sup>.

A marcha é uma das principais funções executadas pelo homem que exige grande controle postural<sup>40</sup>. Sabe-se que o déficit de equilíbrio na marcha é uma das principais alterações na população após AVC, o que pode afetar a independência do paciente, com consequente necessidade de cuidados externos e muitas vezes resultando em quedas<sup>41</sup>. Como consequência das quedas o paciente pode cursar com limitação funcional por mais insegurança durante a marcha, ansiedade, imobilidade, além do risco de lesões mais graves causadas pelas quedas, como fraturas<sup>42</sup>.

O controle postural ou equilíbrio é uma habilidade funcional que requer a integração dos diversos sistemas sensoriais e motor, se constituindo um processo complexo que envolve a recepção e a integração dos estímulos sensoriais e o planejamento e execução do movimento, para alcançar um objetivo, requerendo a postura ereta<sup>10,43,44</sup>. A estabilidade postural é definida como a capacidade de manter o centro de massa projetado dentro dos limites da base de apoio, num dado ambiente sensorial<sup>10,44</sup>.

O ambiente sensorial abrange as condições existentes no meio que podem afetar o equilíbrio. Deve-se levar em consideração que tarefa biomecânica de manter o centro de gravidade sobre a base de suporte é sempre singular para cada contexto ambiental, o que é detectado pelos sistemas sensoriais<sup>10,43</sup>. Isso é confirmado pelo modelo dinâmico de sistemas, para o equilíbrio dinâmico, que reconhece que o equilíbrio é resultado das interações entre o



indivíduo, a tarefa que o indivíduo está realizando e o ambiente onde a tarefa deve ser realizada<sup>10,44</sup>.

O centro de massa é o ponto que está no centro da massa corpórea e a base de apoio, ou base de suporte, é a área do objeto que está em contato com a superfície de apoio<sup>6</sup>. Deve-se saber que o tamanho da base de suporte afetará o nível de dificuldade da tarefa de manter o equilíbrio, visto que uma base mais larga torna a tarefa mais fácil. Para uma determinada base de suporte existe um limite para a distância que um corpo pode se mover sem cair, ou estabelecer uma nova base de suporte a partir de estratégias de equilíbrio<sup>6,10,44</sup>. Esse controle da manutenção do centro de massa dentro da base de suporte é exigido para manter o equilíbrio durante a marcha<sup>44</sup>.

O equilíbrio pode ser obtido, de forma diferente, tomando como referência uma ou duas estruturas estáveis<sup>43</sup>. Quando o indivíduo utiliza a superfície de apoio como referência, ele organiza as respostas de equilíbrio ativando primeiro a musculatura dos pés a cabeça, utilizando principalmente informações proprioceptivas e cutâneas. Quando se utiliza a estabilização da cabeça, usando a visão e as informações vestibulares, o equilíbrio é organizado desde a cabeça, na direção dos pés<sup>6,44</sup>.

Existem estratégias de reajuste postural, que ocorrem durante as perturbações do apoio, que funcionam tanto em modo reativo, quanto em modo antecipado, em preparo para movimento voluntário<sup>35</sup>. As reações de equilíbrio mantêm o alinhamento corporal, ou seja, mantêm o corpo numa determinada posição, quando ocorre uma alteração da posição corporal ou superfície de apoio. Existem as reações de retificação, que são reações de equilíbrio que atuam no deslocamento do centro de gravidade do corpo para fora da sua base de sustentação<sup>6,10,43</sup>. Quando há insuficiência das reações de retificação e equilíbrio para manter a estabilidade, ativam-se as reações de proteção<sup>45</sup>. Pacientes após AVC têm grande probabilidade de cursarem com déficit de equilíbrio, então essas reações, até mesmo as de proteção, tendem a ser deficitárias<sup>10</sup>.

Quando nenhuma dessas reações é eficaz, o ato motor poderá culminar em queda. Quedas são definidas como a perda total do equilíbrio postural, o que se relaciona à insuficiência súbita dos mecanismos neurais e osteoarticulares responsáveis pela manutenção da postura<sup>45</sup>. Um terço das pessoas que sofreram queda terá sua mobilidade e independência comprometidas. A

partir dessas quedas, pode-se reduzir a capacidade funcional, até mesmo por medo de novos episódios<sup>10</sup>.

Ainda não existe um padrão para avaliação do equilíbrio, principalmente do equilíbrio na marcha, e do risco de quedas desses pacientes<sup>46</sup>. Escalas clínicas e medidas laboratoriais podem ser usadas para mensurar o equilíbrio<sup>42</sup>. Alguns testes funcionais são utilizados, porém a limitação encontrada na avaliação do equilíbrio por esses testes é que eles não refletem a complexidade multissistêmica do equilíbrio<sup>47</sup>. Como exemplo, se tem o Timed up and go, Teste de Alcance Funcional, Escala de Equilíbrio de Berg, Avaliação de equilíbrio de Tinetti, Dynamic Gait Index<sup>9,48,49</sup>.

O DGI foi desenvolvido por Shumway-Cook A. com o objetivo de avaliar a capacidade de adaptação da marcha, e consequentemente o equilíbrio, a partir de alterações das demandas funcionais, tais como variação da velocidade, mudança de direção cefálica, durante a marcha, com uma sensibilidade de 91% e especificidade de 82% em idosos<sup>49</sup>. Foi adaptada culturalmente para a língua portuguesa do Brasil e mostrou-se ser um instrumento confiável para avaliar equilíbrio na marcha<sup>50</sup>. Autores avaliaram a validade da escala para pacientes após AVC e verificaram que a DGI tem alta confiabilidade e pode ser amplamente aplicada para avaliar o equilíbrio nessa população<sup>9</sup>.

### **3.3 Reabilitação do equilíbrio com realidade virtual**

A realidade virtual é uma abordagem que utiliza simulação de um ambiente em tempo real, a partir de uma interface entre computador e usuário<sup>51</sup>. Atualmente, essa tecnologia é utilizada em vários campos, como aplicações militares e treinos de aviação, treinamento industrial e diversas áreas médicas<sup>52</sup>. Essa tecnologia utiliza ambientes virtuais que simulam ambientes reais, nos quais as pessoas que o utilizam sentem-se inseridas nesse ambiente, podendo interagir com esse ambiente em tempo real<sup>21,51-53</sup>. Para que ocorra essa simulação existem dois tipos principais de realidade virtual, a imersiva e a não imersiva. A RV imersiva utiliza dispositivos, como óculos próprios para a tecnologia, a fim de que o utilizador sinta-se imerso nesse ambiente. Já na RV não imersiva, há uma projeção em uma tela da pessoa que está

utilizando o sistema virtual, de modo que esse utilizador visualiza, instantaneamente, todos os momentos realizados por ele<sup>52,53</sup>.

O exemplo mais difundido de RV não imersiva são os jogos de videogame. Os jogos de videogame foram lançados na década de 50, porém atualmente tornam-se cada vez mais interativos, com imagens em três dimensões, gerando maior entretenimento<sup>54,55</sup>. Os sistemas mais utilizados atualmente são: Nintendo Wii<sup>®</sup>, Playstation<sup>®</sup> e Xbox<sup>®</sup> com uso do Kinect. Eles apresentam softwares que captam os movimentos realizados pelos usuários, que são reproduzidos e lançados na tela. Dessa forma, gera um feedback de como está sendo realizado esses movimentos, permitindo uma correção instantânea dos mesmos<sup>52,53,56</sup>. Existem diversos jogos comercializados, as quais simulam o gestual motor muito parecido com o ambiente não virtual. No Nintendo Wii<sup>®</sup>, os mais utilizados são os gestuais de esporte (Wii Sports), como por exemplo, Futebol, Boxe e Tênis, e os de exercícios físicos (Wii Fit), como o Bamboê. Essas tecnologias têm se tornado cada vez mais acessíveis e de melhor qualidade<sup>53</sup>.

Devido à possibilidade de simular de atividades funcionais utilizando os jogos, vem ganhando evidência na reabilitação neuromotora e cognitiva<sup>51,52</sup>. Existem três abordagens trazidas pela RV com jogos, que são essenciais à reabilitação neurofuncional: a prática repetitiva, o feedback sobre o desempenho e a motivação do paciente em realizar as atividades<sup>52,57</sup>. Esses fatores são imprescindíveis ao aprendizado e reaprendizado motor<sup>58,59</sup>, uma vez que estimulam a plasticidade neural, de modo que induzem alterações corticais e subcorticais em estruturais celulares e sinápticas<sup>21,52,60</sup>.

Há evidências do estímulo do treino com jogos de RV no recrutamento de neurônios latentes em áreas motoras<sup>51</sup>, principalmente do lobo frontal e córtex pré-frontal, o que denota facilitação da neuroplasticidade e aprendizado motor. Essas áreas cerebrais participam do controle do equilíbrio e da locomoção humana, porém essa afirmação ainda necessita ser elucidada<sup>61</sup>. Foi verificado que o córtex pré-frontal está envolvido no controle locomotor, pois ajuda a regular a velocidade da marcha<sup>62</sup>. Sabe-se que a plasticidade neural é dependente da intensidade e da repetição da prática<sup>58,59</sup>, então, a RV pode estimular a capacidade do sistema nervoso de adaptação sensoriomotora, já que gera um treino repetitivo e intensivo<sup>51</sup>.

Além dessas vantagens, o treino com RV proporciona um desafio progressivo na realização das tarefas dentro de um ambiente seguro. Ao simular atividades que acontecem em

ambientes reais, o treino com RV pode aumentar os graus de liberdade a serem vencidos pelos pacientes de forma gradual, o que contribui para o aprendizado motor, ao mesmo tempo em que minimiza os riscos, por exemplo, de quedas, durante a reabilitação. Dessa forma, o paciente se sente mais seguro, com relatos de redução do medo de cair<sup>63</sup>. Porém, algumas limitações do seu uso foram demonstradas, como sintomas colaterais. Os principais relatados foram problemas oculares, desorientação, distúrbios de equilíbrio e náuseas, sendo mais susceptíveis a desenvolverem tais sintomas indivíduos que realizam treino em RV imersiva. Além disso, a RV mostra-se como estratégia coadjuvante na reabilitação, já que há a necessidade da reabilitação no ambiente real, para que o paciente possa vivenciar os estímulos sensoriomotores reais<sup>51</sup>.

O sistema de RV tem sido usado na reabilitação de pacientes após AVC<sup>19,23</sup>, porém ainda há questionamentos sobre seu efeito nessa população, com a maioria dos estudos se referindo à reabilitação de membros superiores e com pequeno número de participantes e sem grupos controles fortes. Outros desfechos pouco evidenciados são marcha, equilíbrio e cognição<sup>51</sup>. Em uma revisão de literatura com o objetivo de avaliar a utilidade da RV na reabilitação após AVC, observou-se que há uma ampla variação entre os estudos sobre os protocolos utilizados, em relação ao número de sessões e tempo de tratamento. Ainda foi observado que a maioria dos autores não define o que é a fisioterapia convencional e nem descrevem quais foram os exercícios realizados nesse protocolo. Nesse mesmo estudo, verificou-se que há poucos relatos de efeitos colaterais da RV em pacientes após AVC<sup>22</sup>.

Apesar de evidências limitadas sobre o assunto, a RV tem sido utilizada na reabilitação do equilíbrio corporal e habilidades motoras de indivíduos com déficit neuromotor, mostrando efetiva para tais desfechos<sup>56</sup>. Com o uso da RV, o terapeuta tem a possibilidade de controlar duração, intensidade e o feedback durante o tratamento, assim como pode simular ambientes urbanos e rurais para o treino de marcha. Dessa forma, é possível trazer o ambiente virtual o mais próximo possível do real, com o foco na reabilitação da marcha, principalmente no que diz respeito à velocidade, que é um dos principais parâmetros que encontram-se alterados em pacientes após AVC<sup>51</sup>.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Desenho do estudo**

Trata-se de um ensaio clínico, randomizado, cuja randomização foi realizada em blocos de dez, a partir de um sorteio por um programa de computador, Random.org. Este é um programa gratuito, que gera randomização de números em blocos. Os indivíduos foram alocados em dois grupos: o experimental, com fisioterapia convencional associada à Reabilitação Virtual com Nintendo Wii<sup>®</sup>, ou grupo controle, com fisioterapia convencional. Foram considerados pertencentes ao grupo tratamento os números ímpares e ao convencional os números pares. Esse sorteio foi realizado por uma terceira pessoa, a qual não tinha acesso aos dados dos participantes do estudo, respeitando o sigilo de alocação.

### **4.2 Característica da população**

Foram incluídos indivíduos de ambos os sexos, que cursavam com hemiparesia após um episódio de AVC, pertencentes à faixa etária de 20 à 65 anos. Foram excluídos aqueles sujeitos que tinham menos de seis meses de lesão, considerado tempo para recuperação espontânea da lesão do Sistema nervoso Central (SNC), pacientes com distúrbios associados, como epilepsia, déficit sensorial e perceptual como heminegligência e Síndrome de Pusher, distúrbios osteodegenerativos, que impeçam a realização dos jogos, ou que possam influenciar no equilíbrio corporal. Além disso, indivíduos que apresentaram alteração de compreensão que pudesse comprometer a execução dos jogos.

### **4.3 Procedimento**

A pesquisa foi realizada em uma clínica escola de Fisioterapia, em Salvador, Bahia, no período entre julho de 2012 e setembro de 2013. Após a seleção e a randomização, os participantes foram submetidos à avaliação inicial e à avaliação após o término do tratamento, quando foram coletados dados sociodemográficos e clínicos, idade em anos, gênero, categorizado em feminino e masculino, lado do corpo acometido e tempo de acontecimento do AVC, em meses. Foi investigada a ocorrência de quedas prévias, com as categorias de nenhuma, uma, duas, três ou mais de três vezes. Definiu-se como quedas “vir a inadvertidamente ficar no solo ou em outro nível inferior, excluindo mudanças de posição intencionais para se apoiar em móveis, paredes ou outros objetos”<sup>64</sup>.

O equilíbrio na marcha foi avaliado utilizando o Dynamic Gait Index (DGI). O DGI avalia a marcha de uma maneira mais funcional, simulando as condições da vida diária, nas quais os pacientes após AVC podem se deparar. Inclui oito tarefas: (1) marcha em superfície plana, (2) marcha com mudança de velocidade, (3) marcha com mudança de direção da cabeça na horizontal e (4) vertical, (5) ultrapassar obstáculos, (6) marcha com giro sobre o próprio eixo corporal, (7) contornar obstáculos e (8) subir e descer degraus. Cada tarefa pode ser pontuada de zero a três, sendo zero ruim e três excelente, a depender de cada demanda funcional, totalizando 24 pontos, sendo o escore de zero a 19 preditor de risco de quedas<sup>9</sup>.

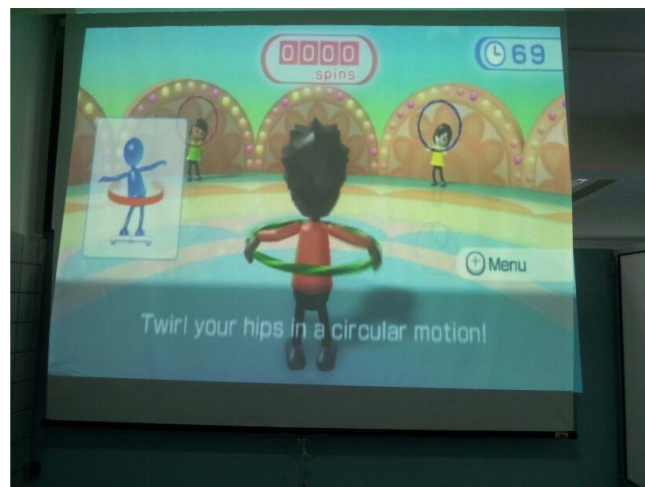
Os indivíduos pertencentes aos dois grupos foram acompanhados por 20 sessões de fisioterapia, com atendimentos duas vezes por semana durante uma hora cada. Os exercícios tiveram supervisão direta e individual de um fisioterapeuta, previamente treinado. A avaliação do equilíbrio e a investigação da ocorrência de quedas foram repetidas ao final do tratamento por um mesmo avaliador, que se manteve cego em relação ao grupo que o sujeito pertencia.

O grupo que fez reabilitação com Nintendo Wii<sup>®</sup> foi tratado em uma sala com 20 metros quadrados equipada com o aparelho supracitado e projetor. A imagem foi projetada na parede a uma altura de um metro e vinte e o paciente teve um ambiente amplo e livre de ruídos externos para realizar a atividade. Para o acompanhamento com a realidade virtual foi realizado um protocolo, constituído de mobilizações de tronco nas direções lateral, anterior e posterior, e alongamentos em membros com duração de 60 segundos durante um tempo total de 10 minutos, seguidos de 50 minutos de exercícios com Nintendo Wii<sup>®</sup>.

Os jogos utilizados na primeira sessão da semana foram Tênis, o qual estimula os movimentos lateralização de tronco, deslocamento do peso entre o calcanhar e antepé, e Bambolê que trabalha movimentos rotacionais de tronco, transferência de peso entre calcanhar e antepé, movimentos rotacionais de quadril e reação de equilíbrio, com tempo de 12 minutos para cada, com um intervalo de um minuto entre os dois jogos. Na segunda sessão da semana foi utilizado o Futebol, com movimentos lateral, anterior e posterior de tronco, movimentos de cabeça e reações de equilíbrio e o Boxe que envolve movimentos seletivos e rotacionais de tronco, reações de equilíbrio. Ambos com a mesma distribuição de tempo.

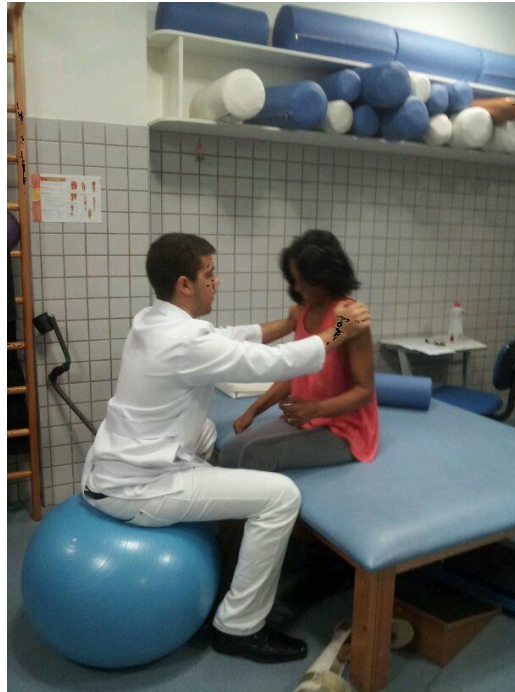


**Figura 1:** Participante do estudo jogando tênis utilizando o Nintendo Wii®.



**Figura 2:** Projeção do personagem utilizando o bambolê através do Nintendo Wii®.

A fisioterapia convencional constou de alongamento da musculatura dos membros superiores e inferiores com um tempo total de 10 minutos, atividades de mobilização de tronco na direção lateral, anterior, e posterior por 10 minutos, movimentação ativa ou ativa assistida do membro inferior com a utilização de diagonais por 15 minutos, treino de equilíbrio em ortostase onde foram trabalhadas as atividades de transferência de peso, reações de equilíbrio em superfície estável e instável por 10 minutos, e treino de marcha livre por 10 minutos, com ênfase em: transferência de peso, fase de balanço, velocidade média e treino com obstáculos.



**Figura 3:** Fisioterapeuta realizando manuseio do tronco da paciente para organização postural.



**Figura 4:** Fisioterapeuta realizando treino de marcha com a paciente utilizando pistas visuais. Este projeto foi desenvolvido inicialmente como parte de um projeto mãe, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo, com o CAAE 01824812.6.0000.5505 (Anexo 2). A pesquisa foi ampliada para o desenvolvimento desse estudo, submetido à nova avaliação e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Couto Maia com o CAAE 19135213.2.0000.0046. Foi obrigatória a assinatura do Termo de



Consentimento Livre e Esclarecido para a participação no estudo, obedecendo a Resolução 196/96. Foi registrado no [www.clinicaltrials.gov](http://www.clinicaltrials.gov), NCT02475083 (Anexo 3).

#### **4.4 Estatística**

O banco de dados foi criado no Excel e analisado no software R v.3.1.3. Foi feita uma análise descritiva para identificar as características gerais e específicas da amostra estudada, utilizando frequência absoluta e relativa para variáveis qualitativas, como sexo e lado do corpo acometido, média e desvio padrão para variáveis quantitativas de distribuição normal, como idade e tempo de AVC e mediana e quartis para variáveis de distribuição não normal. Para verificar a distribuição de normalidade dos dados utilizou-se o Teste de Shapiro-Wilk. Para verificar a existência de diferenças significativas antes e após a intervenção usou-se o Teste t para amostras emparelhadas ou o teste não paramétrico de Wilcoxon. Para testar a existência de diferença entre cada grupo foi usado o Teste t ou o Teste não paramétrico de Mann-Whitney quando as variáveis eram quantitativas ou teste Qui-Quadrado quando eram qualitativas. Para identificar correlações entre as variáveis de interesse usamos a correlação de Spearman. O nível de significância estabelecido para este trabalho foi de 5%.

O cálculo amostral foi feito a fim de detectar uma diferença de 5,5 pontos no DGI para identificar mudança do equilíbrio na marcha, utilizando um desvio padrão de 5,1 para o grupo experimental e 4,8 para o grupo controle<sup>27</sup>, com um erro alfa de 5% e um poder de 80%. De acordo com o estudo da validação do DGI o limite identificado entre déficit e equilíbrio normal é de apenas um ponto<sup>9</sup>, sendo possível considerar que o escore que delimita o comprometimento do equilíbrio na marcha é restrito. Optamos por ampliar essa diferença, vislumbrando repercussões do resultado na prática clínica. Foi obtido um cálculo de 13 pacientes para cada grupo.

## 5 RESULTADOS

Foram selecionados 30 pacientes para participar do estudo (Figura 5), sendo que no decorrer do estudo ocorreram três perdas de seguimento, uma por instabilidade da pressão arterial, uma por dificuldade de acesso e uma por desistência do estudo, totalizando 13 pacientes no grupo controle e 14 no grupo tratamento. A análise das características sócio-demográficas e clínicas estão apresentadas na Tabela 1. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos em respeito a essas características, o que confirma a homogeneidade entre eles.

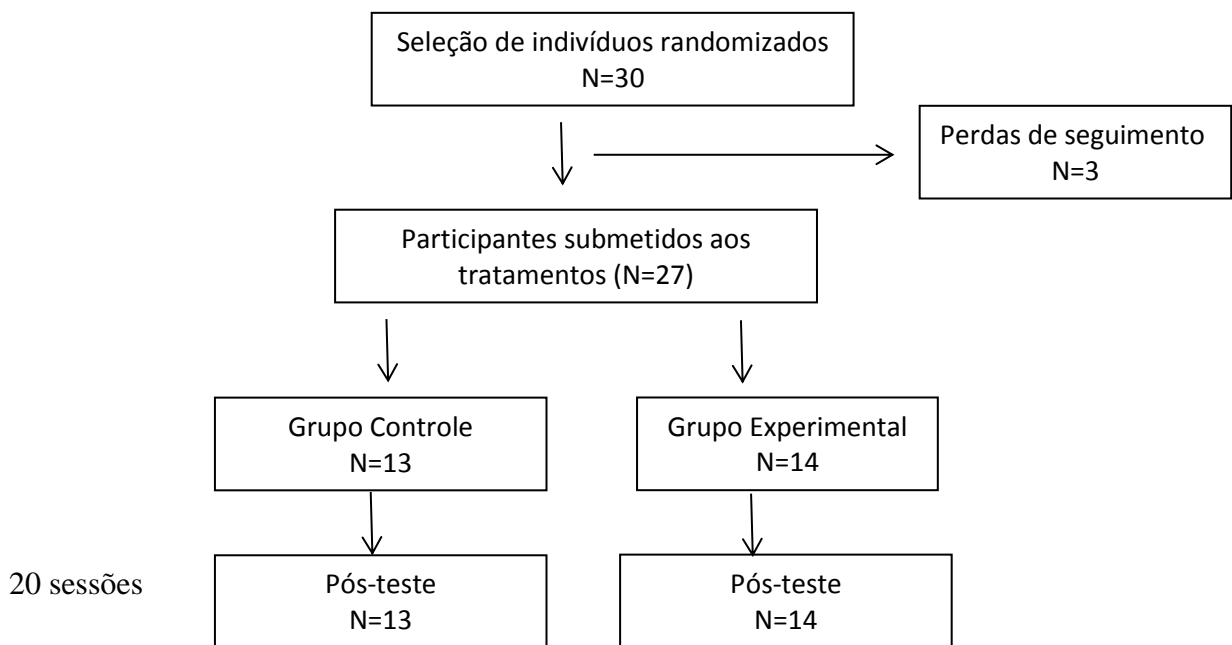


Figura 5: Fluxograma dos participantes do estudo, segundo o CONSORT.

Tabela 1: Características demográficas e clínicas de 30 pacientes após AVC.

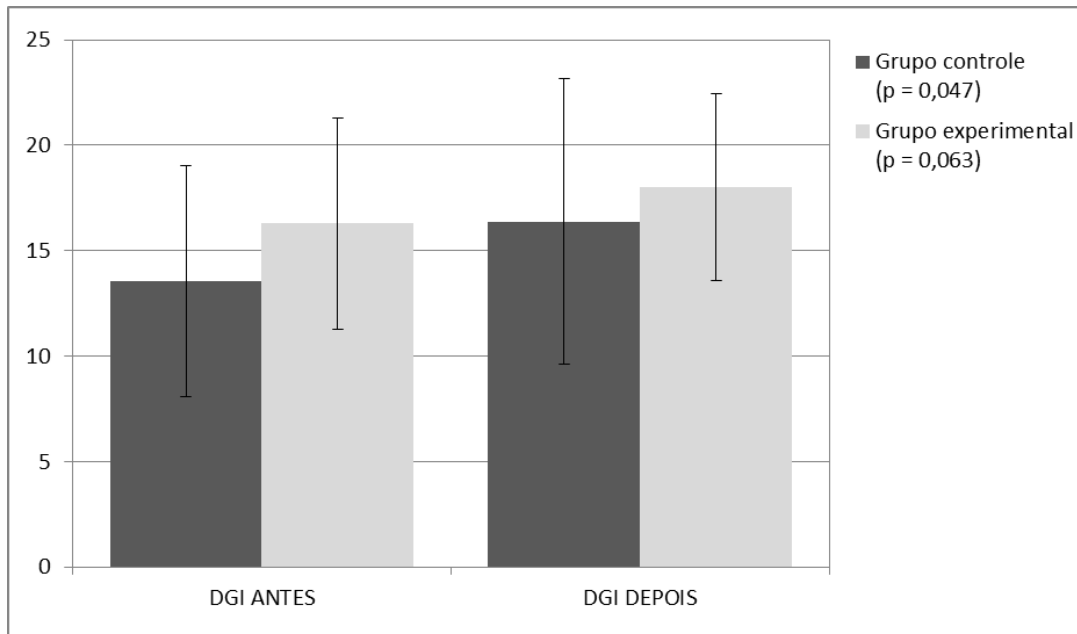
Variável	TOTAL (N=30)	GRUPO CONTROLE (n=15)	GRUPO EXPERIMENTAL (n=15)	Valor de p
Idade em anos (Média/DP) <sup>a</sup>	52,4±8,9	50,9 ±10,9	53,8±6,3	0,375
Gênero Feminino, n (%) <sup>b</sup>	19 (63,3)	10 (66,7)	9 (60)	0,705
Lado direito do corpo acometido, n (%) <sup>b</sup>	17 (56,7)	9 (60)	8 (53,3)	0,713
Tempo de AVC em meses (Média/DP) <sup>a</sup>	54,3±35,5	64,5±41,9	44,1±25,0	0,117

<sup>a</sup> Teste t

<sup>b</sup> Teste Qui-quadrado

O Gráfico 1 demonstra que houve um aumento do escore do DGI nos dois grupos. No entanto, ao comparar os valores do DGI antes e após o tratamento, observou-se que houve diferença estatisticamente significativa apenas no grupo controle ( $p = 0,047$ ).

Gráfico 1: Desempenho do equilíbrio na marcha intragrupos



Nota: Foi utilizado o Teste t pareado

Ambos os grupos obtiveram redução do número de quedas após a intervenção, no entanto apenas no grupo tratamento essa diferença foi estatisticamente significativa ( $p = 0,049$ ), Tabela 2. Na análise intergrupos, após a reabilitação não se observou diferença significativa nem em relação ao equilíbrio na marcha ( $p = 0,462$ ), nem na redução da ocorrência de quedas ( $p = 0,653$ ). Esse resultado está descrito na Tabela 3.

Tabela 2: Ocorrência de quedas intragrupos

	Antes do tratamento	Depois do tratamento	
Ocorrência de quedas <sup>b</sup>	Mediana/Quartis	Mediana/Quartis	Valor de p
Grupo Controle (n=13)	1 (0-2) <sup>a</sup>	1 (0-1) <sup>a</sup>	0,257
Grupo Experimental (n=14)	0 (0-1) <sup>a</sup>	0 (0-0) <sup>a</sup>	0,049*

<sup>a</sup> Quartis 25-75.

<sup>b</sup> Teste de Wilcoxon

\*Diferença significativa

Tabela 3: Desempenho do equilíbrio na marcha e ocorrência de quedas intergrupos

	Grupo Controle	Grupo Tratamento	Valor de p
▲ DGI <sup>a</sup>	-2,84 (4,63)	-1,71 (3,14)	0,462
▲ número de quedas <sup>b</sup>	1 (0-1)	0 (0-0)	0,653

Nota: ▲ DGI representado em média/DP e ▲ número de quedas representado em mediana/quartis 25-75

<sup>a</sup>Teste t não-pareado

<sup>b</sup>Teste de Mann-Whitney

A Tabela 4 mostra que o desempenho do equilíbrio na marcha nos grupos, de acordo com o resultado do DGI total, não esteve significativamente correlacionado com o registro de número de quedas após a intervenção ( $p = 0,129$  e  $p = 0,541$ , respectivamente). Ao correlacionar cada domínio do DGI com o número de queda, observou-se que no grupo controle, apenas o domínio oito, subir e descer degraus obteve correlação positiva ( $p = 0,043$ ).

Tabela 4: Correlação entre os escores dos domínios da DGI e o número de quedas.

	Grupo Controle		Grupo Experimental	
	número de quedas		número de quedas	
	r	Valor de p	r	Valor de p
Item 1 DGI	0,306	0,309	0,122	0,679
Item 2 DGI	0,262	0,338	-0,081	0,782
Item 3 DGI	0,364	0,222	-0,028	0,434
Item 4 DGI	0,364	0,222	-0,030	0,920
Item 5 DGI	0,328	0,274	-0,413	0,142
Item 6 DGI	0,411	0,163	-0,302	0,295
Item 7 DGI	0,048	0,887	-0,287	0,319
Item 8 DGI	0,567	0,043*	-0,190	0,515
DGI TOTAL	0,444	0,129	-0,179	0,541

Teste não paramétrico de Spearman

\*Diferença Significante

## 6 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo mostraram que em pacientes após AVC submetidos ao tratamento que incluiu a realidade virtual e em pacientes com a fisioterapia convencional, ocorreu aumento do escore do DGI e redução da ocorrência de quedas. A diferença do equilíbrio na marcha após intervenção no grupo controle e a redução na ocorrência de quedas no grupo tratamento foi significativa. No entanto, na análise intergrupos não houve diferença em ambos os desfechos.

Autores sugerem que a reabilitação do equilíbrio deve envolver a tarefa realizada, as particularidades do indivíduo, bem como do ambiente no qual está sendo realizada<sup>6</sup>. O treino de equilíbrio com a realidade virtual fornece ambientes enriquecidos e a possibilidade de resolução de problemas motores pelos pacientes<sup>23</sup>. Diferentes estudos corroboram que a terapia com realidade virtual associada com a terapia convencional pode melhorar o desempenho do equilíbrio em pacientes após AVC<sup>7,8,13,20,23</sup>. No presente estudo, a melhora do escore do DGI em ambos os grupos pode ser justificado pelo fato de todos os pacientes terem realizado treinos orientados à tarefa.

Ademais, a terapia com realidade virtual pode promover mais motivação aos pacientes e dessa forma estimula novas habilidades motoras e sensoriais responsáveis pela manutenção do equilíbrio<sup>21,23,24,27</sup>. Um ensaio clínico que avaliou os aspectos motivacionais encontrou que o grupo que realizou tratamento com RV mostrou-se mais motivado do que o controle<sup>65</sup>. Recente revisão sistemática chama atenção para a necessidade de incluir nos estudos o desfecho motivação após o treino com RV<sup>66</sup>.

A RV pode ser uma importante ferramenta no treinamento sensoriomotor dos indivíduos após AVC, uma vez que o feedback visual proporcionado por esse treino pode modular uma rede neural nos córtex motor, pré-motor e parietal. Isso sugere que essa informação sensorial pode favorecer a reorganização cortical<sup>67,68</sup>. Autores justificam que esse feedback visual imposto pela RV pode gerar uma autocorreção imediata pelo paciente, facilitando a ativação da plasticidade neural<sup>69,70</sup>, o que aumenta sua aplicabilidade clínica<sup>51</sup>.

É sabido que os pacientes após AVC cursam com redução da velocidade da marcha e risco de quedas<sup>71</sup>. Apesar de não haver evidências de que os estímulos gerados pelos ambientes virtual

e real tenham uma equivalência na ativação neural<sup>72</sup>, a capacidade de variação de cenas e trajetórias de movimento proporcionada pela RV pode estimular o treino de marcha<sup>51</sup>. Isso foi verificado em estudos que observaram um aumento da velocidade da marcha<sup>73</sup> e redução do tempo na execução do teste de caminhada de 10 metros<sup>74</sup> após o treino de marcha com RV. Contudo, uma revisão sistemática referiu a RV como um instrumento seguro para reabilitação, porém não substituto da terapia física convencional<sup>75</sup>.

Não houve diferença entre os grupos quanto à melhora do equilíbrio na marcha e na ocorrência de quedas, no presente estudo. Reconhece-se que a seleção dos jogos pode ter influenciado neste resultado. Apesar dos dois protocolos terem objetivos semelhantes, as atividades realizadas na terapia convencional estavam direcionadas tanto ao treino de equilíbrio em uma base estática, quanto ao equilíbrio na marcha e os jogos utilizados na terapia com realidade virtual priorizam treino do equilíbrio em base estática. Isso reafirma a importância do planejamento dos protocolos de intervenção pareando os objetivos mais especificamente, defendida em um ensaio clínico anterior que também não observou diferença significativa entre os grupos<sup>7</sup>.

Em discordância com estes achados, um estudo observou que o grupo experimental teve o controle do equilíbrio potencializado após a intervenção<sup>8</sup>. Essa diferença de achados pode ser devido à variação na abordagem do desfecho equilíbrio. No presente estudo foi avaliado o equilíbrio na marcha, pelo DGI, e em diferentes ensaios clínicos o desempenho do equilíbrio avaliado não era específico na marcha e diferentes instrumentos de avaliação foram utilizados<sup>7,8,15,17,26,76</sup>. Um estudo que utilizou o DGI para avaliar o desfecho do equilíbrio após intervenção com realidade virtual em pacientes após AVC corroboram com os resultados do presente estudo<sup>27</sup>.

Pacientes após AVC podem cursar com limitações das habilidades de equilíbrio e marcha, com consequente aumento nos episódios de quedas<sup>27,71</sup>. A investigação da ocorrência de quedas após três meses neste estudo encontrou uma redução da ocorrência de quedas em ambos os grupos, sendo significativa apenas no grupo que realizou terapia com Nintendo Wii®. Esse período de investigação foi similar ao utilizado por outros autores<sup>27,71</sup>. Este achado corrobora com estudo incluindo pacientes com diferentes distúrbios neurológicos que verificou redução do número de quedas após a realização de treino baseado em jogos de realidade virtual<sup>77</sup>. Autores relatam que treino com realidade virtual resulta em melhora do

equilíbrio e da auto segurança do equilíbrio, referida por pacientes após AVC<sup>27,78</sup>, o que pode refletir na realização de atividades de vida diária<sup>78,79</sup>. Os resultados de um ensaio clínico mostraram que terapia com RV é efetiva na melhora do equilíbrio e independência funcional em indivíduos após AVC subagudo<sup>74</sup>.

A despeito do risco de quedas identificado na população deste estudo, com valor médio do DGI  $\leq 19$ , não foi encontrada correlação entre o resultado do DGI total e o número de quedas. Apenas o domínio subir e descer escada do DGI teve correlação com quedas, no grupo controle. Isso pode se justificar pelo fato de que indivíduos após AVC apresentam-se mais instáveis durante o deslocamento médio-lateral do centro de gravidade<sup>77</sup>, o que pode dificultar essa tarefa. Em contrapartida, a variação de ambientes sensoriais propiciada pelo treino com realidade virtual<sup>27,78</sup>, pode melhorar a segurança do paciente na realização de atividades que exijam maior controle da estabilidade postural<sup>74</sup>, como subir e descer escadas.

## **7 LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS DO ESTUDO**

O presente estudo teve como vantagem o fato de ampliar a investigação do efeito da terapia baseada em jogos de realidade virtual na reabilitação do equilíbrio na marcha e na ocorrência de quedas em pacientes após AVC. Como limitação tem-se o não acesso aos jogos específicos para reabilitação, pois os jogos comercializados podem limitar o fisioterapeuta a adaptá-los aos objetivos específicos dos atendimentos. Apesar disso, os jogos utilizados no presente estudo mostraram bons resultados em ensaios clínicos anteriores. Portanto, são necessários novos ensaios clínicos randomizados que utilizem jogos de realidade virtual específicos para reabilitação, além da inclusão do acompanhamento desses pacientes após o término da intervenção, a fim de verificar a manutenção do efeito terapêutico da realidade virtual. Outra limitação foi a falta de informação sobre o local da lesão de cada participante, já que sabe-se que lesões em circulação posterior podem interferir diretamente nas alterações de equilíbrio desses indivíduos.



## **8 CONCLUSÕES**

Este estudo demonstrou que:

- A reabilitação de indivíduos após AVC utilizando a realidade virtual possibilitou aumento do score do DGI, com repercussão na redução da ocorrência de quedas.
- Não foi encontrada diferença entre os dois grupos em relação à melhora do equilíbrio na marcha e a ocorrência de quedas.

## REFERÊNCIAS

1. Acidente Vascular Cerebral (AVC). Disponível em:  
<http://www.brasil.gov.br/saude/2012/04/acidente-vascular-cerebral-avc>. Acesso em 08 de março de 2015.
2. Stroke, Cerebrovascular accident. Disponível em:  
[http://www.who.int/topics/cerebrovascular\\_accident/en/](http://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/en/). Acesso em 08 de março de 2015.
3. De Carvalho JJF, et al. Stroke Epidemiology, Patterns of Management, and Outcomes in Fortaleza, Brazil: A Hospital-Based Multicenter Prospective Study. *Stroke* 2011;42:3341-3346.
4. Wen H, Dou Z, Cheng S, Qiu W, Xie L, Yang H. Activity of thigh muscles during static and dynamic stances in stroke patients: a pilot case-control study. *Topics in Stroke Rehabilitation* 2014; 21 (2): 163-175.
5. Geurts ACH, Haart M, Nes IJW, Duysens J. A review of standing balance recovery from stroke. *Gait & Posture* 2005; 65: 267-281.
6. Horak FB, Henry SM, Shumway-Cook A. Postural Perturbations: New Insights for treatment of balance disorders. *Physical Therapy* 1997; 77 (5): 517-33.
7. Barcala L, Grecco LAC, Colella F, Lucareli PRG, Salgado ASI, Oliveira CS. Visual Biofeedback balance training using Wii Fit after stroke: a randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci* 2013; 25: 1027-1032.
8. 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.
9. Jonsdottir J, Cattaneo D. Reliability and validity of the Dynamic Gait Index in persons with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 1410-5.
10. Belgen B, Beninato M, Sullivan PE, Narielwalla K. The association of balance capacity and falls self-efficacy with history of falling in community-dwelling people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87 (4): 554-61.
11. Pinto EB, et al. Risk factors associated with falls in adults patients after stroke living in the community: baseline data from a stroke cohort in Brazil. *Top Stroke Rehabil* 2014;21(1):220–227.
12. Liu-Ambrose T, Pang MYC, Eng J J. Executive Function Is Independently Associated with Performances of Balance and Mobility in Community-Dwelling Older Adults after Mild Stroke: Implications for Falls Prevention *Cerebrovasc Dis* 2007;23: 203–210.

13. Tyson S F, Hanley M, Chillala J, Selley A, Tallis R.C. Balance Disability After Stroke Physical Therapy 2006; 86(1): 30-8.
14. de Haart M, Geurts AC, Huidekoper SC, Fasotti L, van Limbeek J. Recovery of standing balance in postacute stroke patients: a rehabilitation cohort study. ArchPhys Med Rehabil 2004;85: 886-95.
15. Cho K, Lee G. Impaired dynamic balance is associated with falling in post-stroke patients. Tohoku J. Exp. Med. 2013; 230 (4): 233-39.
16. Campbell GB, Matthews JT. Na interative review of factores associated with falls during post-stroke rehabilitation. Journal of Nursing Scholarship 2010; 42 (4): 395-404.
17. Rajaratnam BS et al. Does the inclusion of the virtual reality games within conventional rehabilitation enhance balance retraining after a recente episode of stroke? Rehabilitation Research and Praticice 2013; 2013: 1-6.
18. Weerdesteyn V, de Niet M, van Duijnhoven, Geurts AC. Falls in individuals with stroke. J Rehabil Res Dev 2008; 45: 1195-213.
19. Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. Cochrane Database Syst Rev 2015; 2.
20. Cikajlo I, Rudolf M, Goljar N, Burger H, Matjačić Z. Telerahabilitation using virtual reality task com improve balance in patients with stroke. Disabil Rahabil 2012; 1 (34): 13-18.
21. Baumeister J, Kirsten R, Cordes M, Lerch C, Weib M. Brain activity in goal-directed movements in a real compared to a virtual environment using the Nintendo Wii. Neuroscience Letters 2010; 481: 47-50.
22. Crosbie JH, Lennon S, Basford JR, McDonough SM. Virtual reality in stroke rehabilitation: still more virtual than real. Disability and Rehabilitation, 2007; 29 (14): 1139-46.
23. Flynn S, Palma P, Bender A. Feasibility of using the Sony PlayStation 2 gaming platform for an individual poststroke: a case report. J Neurol Phys Ther 2007; 4 (31): 180-9.
24. Cho KH, Lee KJ, Song CH. Virtual-reality balance training with a video-game system improves dynamic balance in chronic patients. Tohoku J. Exp. Med 2012; 228: 69-74.
25. Gómez JAG, Lloréns R, Alcaniz M, Colomer C. Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brian injury. J Neuroeng Rehabil 2011; 8 (30).
26. Barcala L, Colella F, Araujo MC, Salgado ASI, Oliveira CS. Análise do equilíbrio em pacientes hemiparéticos após treino com o programa Wii Fit. Fisiot Mov 2011; 24 (2): 337-43.

27. 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): 218-225.
28. World Health Organization. WHO STEPS Stroke manual: the WHO STEP wise approach to stroke surveillance/ Noncommunicable diseases and mental health. Geneva: s.n., 2005.
29. Go A, Mozaffarian D, Roger V, Benjamin E, Berry J et al. Heart Disease and Stroke Statistics—2015 Update. A report from the American Heart Association. *Circulation*, 127: 6-245, 2015.
30. Donnan G, Fisher M, Macleod M, Davis. Stroke. *Lancet*, 371: 1612-23, 2008.
31. Fure B, Wyller TB, Thommessen B. TOAST criteria applied in acute ischemic. *Acta Neurologica Scandinavica*, 112: 254- 58, 2005.
32. Vedeltchev K, Maur T, Georgiadis D, Arnald M, Caso V, Mattle HP, Remonda L, Sturzenegger, Fischer U, Baumgartner R. Ischaemic stroke in young adults: predictors of outcome and recurrence. *Journal of Neurology, Neurosurgery e Psychiatry*, 76: 191-5, 2005.
33. Merino E, Ruigomez A, Johansson S, Rodríguez LA. Hospitalised ischaemic cerebrovascular accident and risk factors in a primary care database. *Pharmacoepidemiology ad Drug Safety*, 20: 1050-6, 2011.
34. Pacheco SCS, Santos BM, Pacheco CRS. Independência funcional: perfil das pessoas acometidas por Acidente Vascular Encefálico. *Arq Ciênc Saúde* 2013; 20 (1): 17-21.
35. Marucci FCI, Cardoso NS, Berteli KS, Garanhani MR, Cardoso JR. Alterações eletromiográficas dos músculos do tronco de pacientes com hemiparesia após acidente vascular encefálico. *Arq Neuropsiquiatr* 2007; 65 (3-b): 900-5.
36. Yang S, Zhang JT, Novak AC, Brouwer B, Li Q. Estimation of spatio-temporal parameters for post-stroke hemiparetic gait using inertial sensors. *Gait & Posture* 2013; 37: 354-358.
37. Simonsen EB. Contributions to the understanding of gait control. *Dan Med J* 2014; 61 (4): B4823.
38. Thaler-Kall K, et al. Description of spatio-temporal gait parameters in elderly people and their association with history of falls: results of the population-based cross-sectional KORA-Age study. *BMC Geriatrics* 2015; 15: 32-39.
39. Danner SM, Hofstoetter US, Freundl B, Binder H, Mayr W, Rattay F, Minassian K. Human spinal locomotor control is based on flexibly organized burst generators. *Brain* 2015;138(3):577-88.

40. Oliveira AS, Gizzi L, Kersting UG, Farina D. Modular organization of balance control following perturbations during walking. *J Neurophysiol* 2012;108(7):1895-906.
41. Park J, Yoo I. Relationships of stroke patients' gait parameters with fear of falling. *J Phys Ther Sci* 2014; 26: 1883-84.
42. Oliveira CB, et al. Abnormal sensory integration affects balance control in hemiparetic patients within the first year after stroke. *Clinical Science* 2011; 66 (12): 2043-48.
43. Shumway-cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction on balance: suggestion from the field. *Physical Therapy* 1986; 66: 1548-1550.
44. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing* v. 35, n. 2:7-11; 2006.
45. Freitas MAV, Scheicher ME. Preocupação de idosos em relação a quedas. *Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.* v.11, n.1. 2008.
46. Hill KD, Schwarz JA, Kalogeropoulos AJ, Gibson SJ. Fear for falling revisited. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996; 77(10):1025-9.
47. Darekar A, McFadyen BJ, Lamontagne A, Fung J. Efficacy of virtual reality-based intervention on balance and mobility disorders post-stroke: a scoping review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2015; 12: 46.
48. Pollock C, Enq J, Garland S. Clinical measurement of walking balance in people post stroke: a systematic review. *Clin Rehabil* 2011; 25 (8): 693-708.
49. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the Probability for Falls in Community-Dwelling Older Adults Using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther* 2000; 80:896-903.
50. De Castro SM, Perracini MR, Ganança FF. Versão Brasileira do Dynamic Gait Index. *Rev Bras Otorrinolaringol* 2006; 72 (6): 817-25.
51. Adamovich SV, Fluet GG, Tunik E, Merians AS. Sensorimotor training in virtual reality: a review. *NeuroRehabilitation* 2009; 25 (1): 29-49.
52. Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyber Psychology & Behavior* 2005; 3 (3): 187-211.
53. Dores AR, Barbosa F, Marques A, Carvalho IP, De Sousa L, Castro-Caldas A. Realidade Virtual na reabilitação: por que sim e por que não? *Revisão Sistemática. Acta Med* 2012; 25 (8): 414-42.
54. Alves, L; et al. Videogame: suas implicações para aprendizagem, atenção e saúde de crianças e adolescentes. *Revista Médica de Minas Gerais.* v. 19, n. 1, p. 19-25. 2009.
55. Vanderline, F; Videogame na saúde e na reabilitação. Salto, SP: Editora Schoba, 2010.

56. Junior RSM, Silva EB. Efetividade da reabilitação virtual no equilíbrio corporal e habilidades motoras de indivíduos com déficit neuromotor: uma revisão sistemática. *Rev Bras Ativ Fis e Saúde* 2012; 17 (3): 224-30.
57. Gatica-Rojas V, Méndez-Rebolledo G. Virtual reality interface devices in the reorganization of neural networks in the brain of patients with neurological diseases. *Neural Regen Res* 2014; 9 (8): 888-96.
58. Nudo RJ, Milliken GW. Reorganization of movement representations in primary motor cortex following focal ischemic infarcts in adult squirrel monkeys. *J Neurophysiol* 1996; 75: 2144-49.
59. Nudo RJ, Milliken GW, Jenkins WM, Merzenich MM. Use-dependent alterations of movement representation in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. *J Neurosci* 1996; 16: 785-807.
60. Piron L, et al. Exercises for paretic upper limb after stroke: a combined virtual-reality and telemedicine approach. *J Rehabil Med* 2009; 41: 1016-20.
61. Mihara M, Miyai I, Hatakenaka M, Kubota K, Sakoda S. Role of the prefrontal cortex in human balance control. *Neuroimage* 2008; 43: 329-36.
62. Suzuki et al. Prefrontal and premotor cortices are involved in adapting walking and running speed on the treadmill: an optical imaging study. *Neuroimage* 2004; 23: 1020-26.
63. Giotakos O, Tsirgogianni K, Tarnanas I. A virtual reality exposure therapy (VRET) scenario for the reduction of fear of falling and balance rehabilitation training of elder adults with hip fracture history. Conference: Virtual Rehabilitation 2007.
64. Global report on falls prevention in older age. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data ISBN 978 92 4 156353 6 (NLM classification: WA 288) World Health Organization 2007.
65. Hung JW et al. Randomized comparison trial of balance training by using exergaming and conventional weight-shift therapy in patients with chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2014; 95: 1629-37.
66. Li Z, Han XG, Sheng J, Ma SJ. Virtual reality for improving balance in patients after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation* 2015; 9.
67. Graziano MS, Gross CG. Visual responses with and without fixation: neurons in premotor cortex encode spatial locations independently of eye position. *Exp Brain Res* 1998; 118: 373-80.
68. Kakei S, Hoffman DS, Strick PL. Sensorimotor transformations in cortical motor areas. *Neurosci Res* 2003; 46: 1-10.

69. Bray S, Shimojo S, O'Doherty JP. Direct instrumental conditioning of neural activity using functional magnetic resonance imaging-derived reward feedback. *J Neurosci* 2007; 27: 7498-507.
70. Wise SP, Moody SL, Blomstrom KL, Mitz AR. Changes in motor cortical activity during visuomotor adaptation. *Exp Brain Res* 1998; 121: 285-299.
71. Kao PC, Dingwell JB, Higginson JS, Binder-Macleod S. Dynamic instability during post-stroke hemiparetic walking. *Gait & Posture* 2014; 40: 457-463.
72. Perani D, et al. Different brain correlates for watching real and virtual hand actions. *Neuroimage* 2001; 14: 749-58.
73. Lamontagne A, Fung J, McFadyen BJ, Faubert J. Modulation of walking speed by changing optic flow in persons with stroke. *J Neuroeng Rehabil* 2007; 4:22.
74. Morrone G et al. The efficacy of balance training with video game-based therapy in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *BioMed Research International* 2014.
75. Dos Santos LRA et al. The use of Nintendo Wii in the rehabilitation of poststroke patients: a systematic review. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 2015: 1-8.
76. 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 Neurology* 2013; 13:199.
77. Betker AL, Szturm T, Moussavi ZK, Nett C. Video game-based exercises for balance rehabilitation: a single-subject design. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87: 1141-1149.
78. Jung J, Yu J, Kang H. Effects of virtual reality treadmill training on balance and balance self-efficacy in stroke patients with a history of falling. *J Phys Ther Sci* 2012; 24: 1133-1136.
79. Cho K, Lee G. Impaired dynamic balance is associated with falling in post-stroke patients. *Tohoku J. Exp. Med.* 2013; 230: 233-239.

## ANEXOS

### ANEXO 1. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar de um estudo sobre reabilitação virtual no desempenho do equilíbrio, incidência de quedas e capacidade funcional de indivíduos com hemiparesia após Acidente Vascular Encefálico.

O Acidente Vascular Encefálico é uma doença que acomete um grande número de indivíduos na população brasileira tendo como uma das consequências a hemiparesia que é a perda de movimento de um lado do corpo prejudicando as atividades diárias como andar, se vestir, comer, realizar higiene, trabalhar, participar de lazer. Durante o processo de recuperação a fisioterapia é indispensável para o paciente, e faz parte da rotina.

O objetivo da fisioterapia é a recuperação funcional para que o indivíduo retorne suas atividades da melhor forma possível melhorando assim sua qualidade de vida. A utilização de jogo virtual como atividade associada a fisioterapia começou a ser utilizada para melhorar o desempenho do paciente. Entretanto os seus resultados ainda são pouco estudados.

Este estudo testa a hipótese de que a reabilitação virtual seja capaz de melhorar o equilíbrio, a capacidade funcional e a incidência de quedas de pacientes hemiplégicos pós Acidente Vascular Encefálico.

O paciente será submetido a uma avaliação física e entrevista com duração total de 45 a 60 minutos para coletar informações sobre o equilíbrio, a ocorrência de quedas. Depois será selecionado para um dos grupos do estudo, os dois serão acompanhados por um fisioterapeuta no atendimento individualizado. Num grupo será realizado reabilitação virtual sendo o paciente monitorado em todo tempo pelo fisioterapeuta no ambiente próprio dessa terapia, no outro a cinesioterapia será realizada pelo fisioterapeuta nos espaço físico destinado ao tratamento e equipado especificamente para atendimento do paciente hemiplégico. Em ambos os ambientes o piso será antiderrapante, sem degraus, com barras de apoio e o paciente sempre será acompanhado da sala de espera (também com as mesmas adaptações) até a sala de atendimento e no término da sessão acompanhada de volta até seu cuidador.

Este estudo visa contribuir para o conhecimento da fisioterapia e para o futuro do tratamento dos pacientes com hemiparesia. Os benefícios desta pesquisa são indiretos a



você, já que os dados da pesquisa podem ajudar a fisioterapia a reabilitar melhor seus pacientes.

Não haverá despesas decorrentes da sua participação na pesquisa, portanto não haverá qualquer ressarcimento ou indenização.

Você tem total liberdade de sair do estudo a qualquer momento, sem prejuízo do seu atendimento no ambulatório, e as informações pessoais serão mantidas em sigilo.

Contato dos pesquisadores e comissão de ética:

Nildo Manoel da Silva Ribeiro, Fone: 071-8194-1458, 071-4009-2847.

\_\_\_\_\_

Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Assinatura do paciente/representante legal

\_\_\_\_\_

Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Assinatura da testemunha

*(Somente para o responsável do projeto)*

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

\_\_\_\_\_

Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Assinatura do responsável pelo estudo

## ANEXO 2. Carta de aprovação do comitê de ética em pesquisa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO PAULO - UNIFESP/  
HOSPITAL SÃO PAULO



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** REABILITAÇÃO VIRTUAL NO DESEMPENHO SENSORIO-MOTOR, FUNCIONAL E NA QUALIDADE DE VIDA DE INDIVÍDUOS COM HEMIPARESIA PÓS ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO

**Pesquisador:** NILDO MANOEL DA SILVA RIBEIRO

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 01824812.6.0000.5505

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de São Paulo

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 691.541

**Data da Relatoria:** 18/06/2014

**Apresentação do Projeto:**

SOLICITAÇÃO DE EMENDA

**Objetivo da Pesquisa:**

APRESENTAÇÃO DE EMENDA ALTERANDO ALGUNS PONTO DO PROTOCOLO

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

SEM RISCOS ASSOCIADOS

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

EMENDA

1) Mudança do título para: A reabilitação virtual com Nintendo Wii e a fisioterapia convencional são eficazes para o tratamento de pacientes hemiparéticos pós-acidente vascular encefálico.

Justificativa: Após qualificação do trabalho de doutoramento na UNIFESP, os participantes da banca orientaram que o título poderia ser alterado pelo citado acima, devido a se ajustar mais diretamente ao que foi conduzido na pesquisa.

2) Inclusão do instrumento de avaliação: Escala Wolf Motor Function Test (WMFT)

Justificativa: É uma escala importante para a avaliação da funcionalidade do membro superior

Endereço: Rua Botucatu, 572 1º Andar Conj. 14

Bairro: VILA CLEMENTINO

CEP: 04.023-061

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)5539-7162

Fax: (11)5571-1062

E-mail: cepunifesp@unifesp.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO PAULO - UNIFESP/  
HOSPITAL SÃO PAULO



Continuação do Parecer: 691.541

hemiparético que complementa as informações necessárias para o objetivo específico: Verificar se o tratamento de reabilitação com o NWNW é superior a fisioterapia convencional para melhora do desempenho funcional de pacientes hemiplégicos pós AVC.

Descrição da escala: É um instrumento, validado para língua portuguesa em 2011, porém criada desde 1989, que avalia a função do membro superior combinando medidas de tempo e qualidade de movimento, em movimentos isolados e em tarefas funcionais, por meio de uma escala de habilidade funcional (EHF). A versão inicial era composta por 21 tarefas que utilizavam movimentos das articulações envolvidas (do ombro até os dedos) e nível de dificuldade (atividade motora grossa para fina), avaliando a função do MS por meio de um ou múltiplos movimentos articulares e tarefas funcionais. Posteriormente foi modificado para uma versão com 17 tarefas com objetivo de simplificar a aplicabilidade. As tarefas envolvem atividades com antebraço, mão, pinça, e tarefas funcionais como empilhamento de peças, virar cartas de baralho, virar chave de uma porta, dobrar uma toalha e levantar uma cesta. Durante a avaliação da velocidade, as tarefas serão cronometradas através de um vídeo. O escore total do desempenho no tempo será dado pela média do tempo de realização de todas as tarefas. Quando o indivíduo for incapaz de realizar alguma delas, será atribuído um escore de 121 segundos, visto que 120 segundos é o tempo máximo permitido para que o indivíduo possa tentar realizar a tarefa. Já para graduar a qualidade do movimento em cada tarefa, será utilizada a EHF que consiste em uma escala de seis níveis, em que "zero" indica nenhuma tentativa de movimentar o MS que está sendo testado, e "cinco" indica que o movimento parece ser normal. Os participantes serão pontuados através da observação de aspectos anormais como incoordenação entre os segmentos, déficit de coordenação fina, fluidez ou precisão, lentidão na execução da tarefa e dificuldade para atividades de resistência (ESCALA EM ANEXO).

3) Foi sugerido que os pacientes submetidos ao tratamento com NWNW e que estivessem após essa intervenção realizando apenas fisioterapia convencional, fossem avaliados pelas mesmas escalas para analisar se houve retenção dos ganhos com o mínimo de dois meses de intervalo da última avaliação.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

EMENDA APRESENTADA DE FORMA ADEQUADA

Endereço: Rua Boluatsu, 572 1º Andar Conj. 14  
Bairro: VILA CLEMENTINO CEP: 04.023-061  
UF: SP Município: SAO PAULO  
Telefone: (11)5539-7162 Fax: (11)5571-1062 E-mail: cepunifesp@unifesp.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO PAULO - UNIFESP/  
HOSPITAL SÃO PAULO



Continuação do Parecer: 691.541

**Recomendações:**

NÃO EXISTEM RECOMENDAÇÕES

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

EMENDA ADEQUADA - APROVADA

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O parecer do relator foi acatado pelo colegiado.

SAO PAULO, 18 de Junho de 2014

---

**Assinado por:**

**José Osmar Medina Pestana  
(Coordenador)**

Endereço: Rua Botucatu, 572 1º Andar Conj. 14  
Bairro: VILA CLEMENTINO CEP: 04.023-061  
UF: SP Município: SAO PAULO  
Telefone: (11)5539-7162 Fax: (11)5571-1062 E-mail: cepunifesp@unifesp.br

ANEXO 3. Registo no [www.clinicaltrials.gov](http://www.clinicaltrials.gov)

**ClinicalTrials.gov**  
A service of the U.S. National Institutes of Health

Search for studies:   Example: "Heart attack" AND "Los Angeles"  
[Advanced Search](#) | [Help](#) | [Studies by Topic](#) | [Glossary](#)

[Find Studies](#) | [About Clinical Studies](#) | [Submit Studies](#) | [Resources](#) | [About This Site](#)

Home > Find Studies > Search Results > Study Record Detail Text Size ▾

Trial record 1 of 1 for: Use of Virtual Reality Games for the Treatment of Balance and Reducing the Occurrence of Falls in Patients After Stroke  
[Previous Study](#) | [Return to List](#) | [Next Study](#)

**Use of Virtual Reality Games for the Treatment of Balance and Reducing the Occurrence of Falls in Patients After Stroke**

<p><b>This study has been completed.</b></p> <p>Sponsor: Pedreira, Érika, M.D.</p> <p>Information provided by (Responsible Party): Érika Pedreira, Pedreira, Érika, M.D.</p>	<p>ClinicalTrials.gov Identifier: NCT02475083</p> <p>First received: June 12, 2015 Last updated: June 15, 2015 Last verified: August 2014 <a href="#">History of Changes</a></p>
--	--

[Disclaimer](#)
 [How to Read a Study Record](#)

**Purpose**


The aim of this study was to investigate the therapeutic effect of **virtual reality** associated with conventional physiotherapy on **balance** during gait and the **occurrence of falls in patients after stroke**.




ANEXO 4. ARTIGOS


Artigo 1


Título: Therapeutic effect of virtual reality in patients after stroke: randomized clinical trial

**BioMed Research International:** Submetido

Special Issue on "Modulating Plasticity-Dependent Recovery during Rehabilitation in Stroke individuals"  Entrada x

 **BMRI: Rehabilitation** <bmri.rehabilitation@journals.hindawi.com> 27 de mai ☆  

para mim 

 inglês ▾ > português ▾ Traduzir mensagem Desativar para: inglês x

Dear Dr. Pinto,

I am writing to let you know about our upcoming Special Issue on "Modulating Plasticity-Dependent Recovery during Rehabilitation in Stroke individuals," which will be published in the Rehabilitation subject area of BioMed Research International (formerly titled Journal of Biomedicine and Biotechnology) in December 2015. You can find the Call for Papers for this Special Issue at <http://www.hindawi.com/journals/bmri/si/128649/cfp/> and the deadline for submission is July 31, 2015. The Special Issue is open to both original research articles as well as review articles.

BioMed Research International is a peer-reviewed, open access journal, which means that all published articles are made freely available online without a subscription, and authors retain the copyright of their work. Moreover, all published articles will be made available on PubMed Central and indexed in PubMed at the time of publication. The most recent Impact Factor for BioMed Research International is 2.706 according to 2013 Journal Citation Reports released by Thomson Reuters (ISI) in mid 2014.

Please read over the journal's Author Guidelines at <http://www.hindawi.com/journals/bmri/guidelines/> for more information on the journal's policies and the submission process. Manuscripts should be submitted online to the journal at <http://mts.hindawi.com/submit/journals/bmri/rehabilitation/mpdr/>.

Please do not hesitate to contact me if you have any questions about this Special Issue or about the journal.

Best regards,

Sara Asaad

THERAPEUTIC EFFECT OF VIRTUAL REALITY IN PATIENTS AFTER STROKE:  
RANDOMIZED CLINICAL TRIAL

Erika Pedreira, PT<sup>1,2,3</sup>, Nildo Manoel Ribeiro da Silva, PT, PhD<sup>1</sup>, Elen Beatriz Pinto, PT, PhD<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Católica University of Salvador

<sup>2</sup>Federal University of Bahia

<sup>3</sup>Bahia School of Medicine and Public Health

**Mail to:**

**Elen Beatriz Pinto**

Bahia School of Medicine and Public Health/Postgraduate Health Technology Program

Dom João VI av, n.275, Brotas

ZIP CODE: 40290-000, Salvador, Bahia, Brasil

Telephone: (71) 3276-8200

E-mail: [elen.neuro@gmail.com](mailto:elen.neuro@gmail.com)



## ABSTRACT

Virtual Reality is a therapeutic possibility to be used with patients after Stroke that may present with balance disorders. The aim of this study was to check the therapeutic effect of Virtual Reality associated with conventional physiotherapy on gait balance and the occurrence of falls after stroke. This is a randomized, blinded clinical trial, conducted with patients after stroke, randomized into two groups, treatment group and control group, subjected to balance assessments, by the Dynamic Gait Index (DGI) and the investigation of falls before and after 20 intervention sessions. This study was registered at [www.clinicaltrials.gov](http://www.clinicaltrials.gov) (NCT02475083). It was considered a statistically significant difference a  $p < 0.05$ . We selected 30 patients, but there were three segment losses, totaling 13 in the control group and 14 in the treatment group. There was an improvement in gait balance and reduced occurrence of falls in both groups. The difference in gait balance after intervention in the control group ( $p = 0.047$ ) and the reduction in the occurrence of falls in the treatment group was significant ( $p = 0.049$ ). However, in intergroup analysis there was no difference in both outcomes. Therapy with games is a useful tool for gait balance rehabilitation in patients after stroke, with repercussions in the reduction of falls.

**Key words:** Stroke, Balance, Virtual reality.

## INTRODUCTION

The Stroke affects millions of people worldwide annually [1,2]. Despite the decline in mortality of the disease in Brazil [3], the affected survivors may attend with disabilities [4]. The main feature of stroke is the Hemiplegia / Hemiparesis [5], which can result in sensory-motor deficit and consequently change in balance, functional limitation and risk of falls [5-10]. Authors report that these falls frequently occur more in a home environment and during the gait [11].

Most of these patients recover the ability to walk, but in many cases there is change in postural control [12, 13, 14]. Balance is a functional motor skill [6] that in the hemiparetic patient may be compromised because of visual, vestibular sensory, somatosensory information or motor changes [12,13,14]. In some cases, strategies to maintain postural control are not effective enough leading to falls [15]. Authors report that 25% to 75% of patients after stroke have a history of falls and 10% of those, have severe consequences [15,16], with 73 % of patients requiring hospitalization as a result of the fall [17]. As assessment tool there is the Dynamic gait Index (DGI), which evaluates gait balance and is a predictor of falls [9].

The rehabilitation of body balance of patients after stroke becomes indispensable [9, 18] to avoid episodes of falls, which are the main complications after stroke [18]. Among the

different approaches for this purpose is virtual reality [19], which aims to simulate functional activities, which are the basis for rehabilitation of neurological patients [19-23]. Authors observed improvement of body balance in patients after stroke who underwent rehabilitation with virtual reality, which may be used as a therapeutic resource [7,8,20,23-27]. However, the balance during gait and the occurrence of falls were not evaluated simultaneously in this population.

Virtual reality is already reported as an adjunctive tool in the rehabilitation of patients after stroke, which can generate more motivation and entertainment [21,23,27]. Its therapeutic effect on the balance during gait may have an impact on reducing the occurrence of falls and their consequences. Thus, the aim of this study was to investigate the therapeutic effect of virtual reality associated with conventional physiotherapy on balance during gait and the occurrence of falls in patients after stroke.

## MATERIAL AND METHODS

A clinical randomized trial was conducted, including patients of both sexes, with hemiparesis after stroke, belonging to the age group of 18 to 65 years. We excluded those patients who had less than six months of injury, considering expected time for spontaneous recovery, patients with associated disorders such as epilepsy, sensory and perceptual deficits as hemineglect and Pusher syndrome, osteodegenerative disorders that prevent hosting the games, or that may influence the body balance. In addition, individuals who had alterations of understanding that could compromise the performance of the games.

Patients included were randomized in blocks of ten, from lot by Random.org® program, carried out by a third person, preserving the allocation concealment, into two groups: treatment with conventional physiotherapy associated with Virtual Rehabilitation with Nintendo Wii®, or control group with conventional physiotherapy.

After selection and randomization, patients were evaluated at baseline, when demographic and clinical data were collected, investigated the occurrence of falls in the three months prior to evaluation and rated the gait balance using the Dynamic Gait Index (DGI) [9]. Patients were followed in 20 physiotherapy sessions, visits twice a week for an hour each. The exercises had direct and personal supervision of a physiotherapist, previously trained. The assessment of the balance and the investigation of the occurrence of falls were repeated at the end of treatment, which occurred on average three months after the start of the intervention, by the same examiner, who remained blind to the group that the patient belonged.

The group that did rehabilitation with Nintendo Wii® was treated in a room with 20 square meters equipped with the aforementioned apparatus and projector. The image was projected on the wall at a height of one meter and twenty patients had a large environment, free from external noise to perform the activity. To follow up with virtual reality a protocol was conducted, consisting of trunk mobilizations in lateral, anterior and posterior directions, and stretches of members with duration of 60 seconds for a total time of 15 minutes followed by 45 minutes of exercise with Nintendo Wii®. The games used in the first session were tennis, which stimulates the lateralization of movements of the trunk, weight shift between the heel

and forefoot, and hula hoop working rotational movements of the trunk, weight transfer between the heel and forefoot, rotational movements of hip and balance reaction time with 12 minutes each, with a one minute interval between the two games. In the second session it was used Soccer, with side, anterior and posterior movements of the trunk, head movements and balance reactions and Boxing involving selective and rotational movements of the trunk and balance reactions, both with the same dispensing time.

Conventional therapy consisted of stretching the muscles of the arms and legs with a total time of 10 minutes, trunk mobilization activities in the lateral, anterior, and posterior direction for 10 minutes, active or active assisted movement of the leg with the use of diagonal for 15 minutes, balance training in standing position where weight transfer activities were worked, balance reactions in stable and unstable surface for 10 minutes, and free gait training for 10 minutes, with emphasis on: Weight transfer phase balance, average speed and workout with obstacles.

The present study was approved by the Research Ethics Committee with the CAAE 19135213.2.0000.0046, and it was mandatory signing the Informed Consent to participate in the study, according to Resolution 196/96. It was recorded in [www.clinicaltrials.gov](http://www.clinicaltrials.gov) (NCT02475083).

Database was created in Excel and analyzed in R v.3.1.3 software. A descriptive analysis was made (absolute frequency / relative, average, standard deviation, median and quartiles) to identify the general and specific characteristics of the studied sample. To check the normality of distribution it was used the Shapiro-Wilk test. To check for significant differences before and after the intervention we used the T test for paired samples or the nonparametric Wilcoxon test. To test the existence of differences between each group the t-student or the nonparametric Mann-Whitney test was used when variables were quantitative or Chi-Squared test when they were qualitative. To identify correlations among variables of interest it was used the Spearman correlation. The significance level established for this study is 5%.

## RESULTS

We selected 30 patients for the study (Figure 5), the analysis of sociodemographic and clinical characteristics presented in Table 1. There was no statistically significant difference between groups regarding these characteristics, which confirm the homogeneity between them.

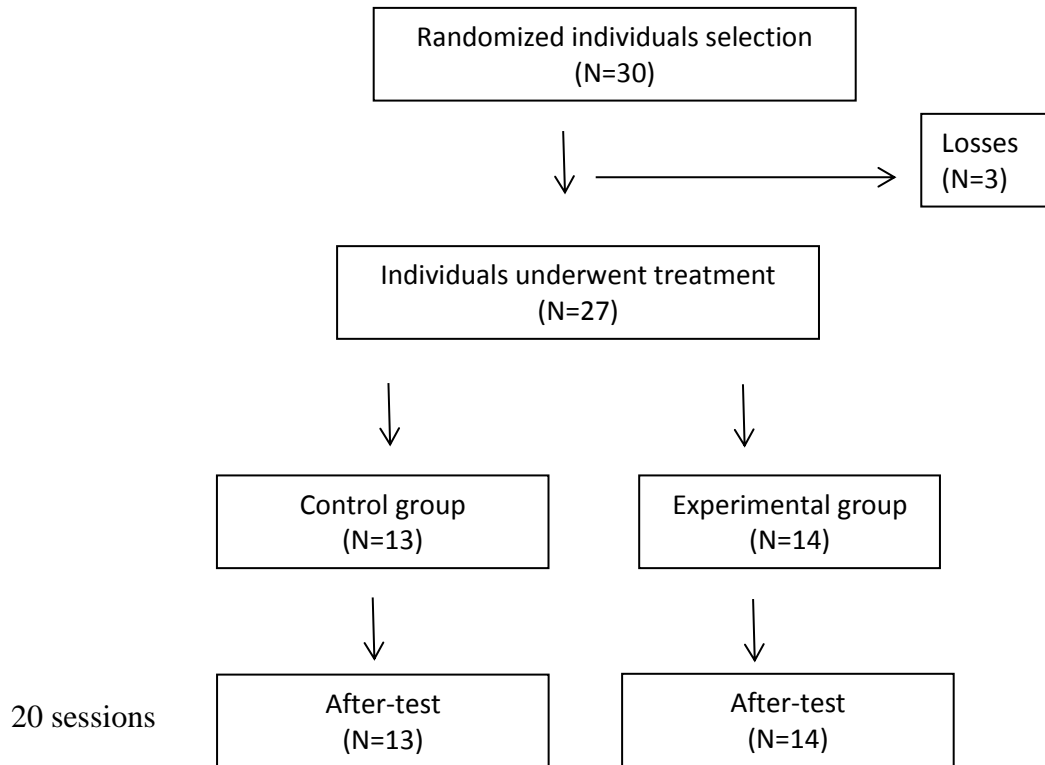


Figure 5: Flow chart of studied participants, according to CONSORT.

Table 1: Demographic and clinical characteristics of 30 patients after stroke.

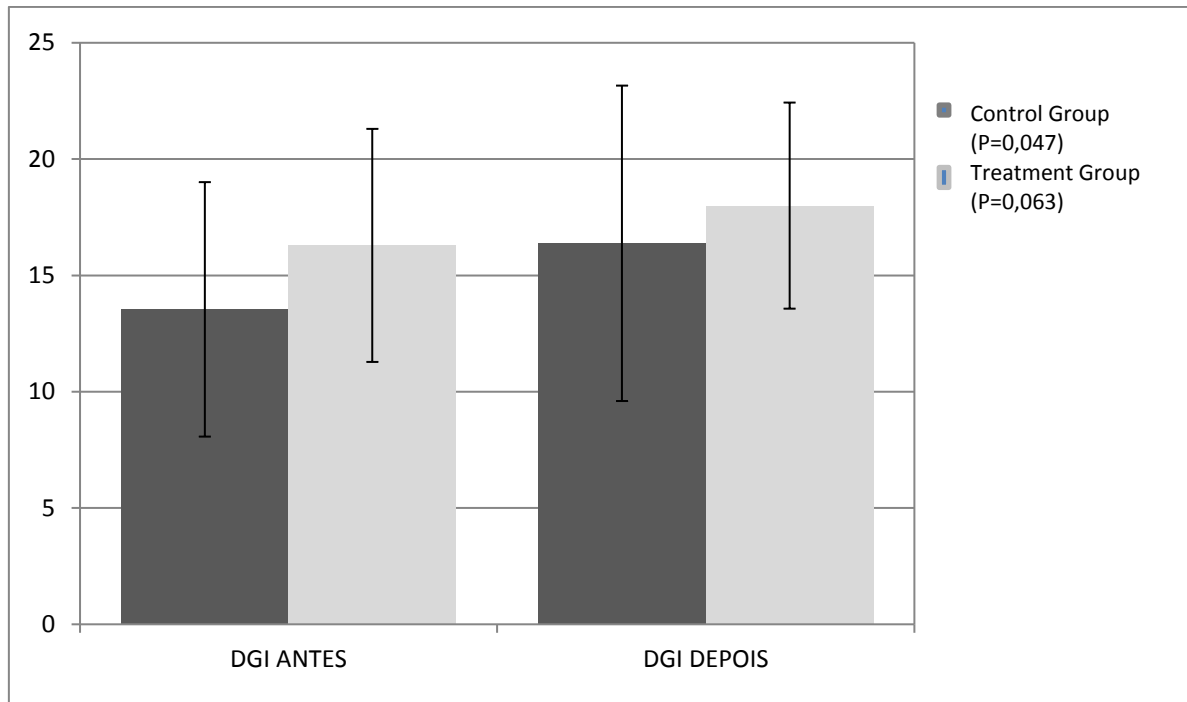
Variabel	TOTAL (N=30)	CONTROL GROUP (n=15)	TREATMENT GROUP (n=15)	P VALUE
Age in years (Average/SD) <sup>a</sup>	52,4±8,9	50,9 ±10,9	53,8±6,3	0,375
Female Gender, n (%) <sup>b</sup>	19 (63,3)	66,7	60	0,705
Right side of affected body, n (%) <sup>b</sup>	17 (56,7)	60	53,3	0,713
Time from stroke in months (Average/SD) <sup>a</sup>	54,3±35,5	64,5±41,9	44,1±25,0	0,117

<sup>a</sup> T Test

<sup>b</sup> Chi-squared test

Graphic 1 demonstrates that there has been an increase in the DGI score in both groups. However, when comparing the DGI values before and after treatment, it was observed that there was statistically significant difference only in the control group ( $p = 0.047$ ).

Graphic 1: Balance gait performance intergroup



Note: Paired T test was used.

Both groups had reduced the number of falls after the intervention, but only in the treatment group this difference was statistically significant ( $p = 0.049$ ), Table 2. In the intergroup analysis, there was no significant difference after rehabilitation neither about the balance gait ( $p = 0.462$ ) nor in reducing the incidence of falls ( $p = 0.653$ ). This result is described in Table 3.

Table 2: Occurrence of falls intergroup

	Before treatment	After treatment	
Occurrence of falls <sup>b</sup>	Median/Quartiles	Median/Quartiles	P value
Control group (n=13)	1 (0-2) <sup>a</sup>	1 (0-1) <sup>a</sup>	0,257
Experimental group (n=14)	0 (0-1) <sup>a</sup>	0 (0-0) <sup>a</sup>	0,049*

<sup>a</sup> Quartiles 25-75.

<sup>b</sup> Wilcoxon test

\*Significant difference

Table 3: Gait balance performance and occurrence of falls intergroup

	Control group	Treatment group	P value
▲ DGI <sup>a</sup>	-2,84 (4,63)	-1,71 (3,14)	0,462
▲ number of falls <sup>b</sup>	1 (0-1)	0 (0-0)	0,653

Note: ▲ DGI represented in average/SD and ▲ number of falls represented in median/quartiles 25-75

<sup>a</sup>Non paired T test

<sup>b</sup>Mann–Whitney test

Table 4 shows that the gait balance performance in groups, according to the result of total DGI, was not significantly correlated with the record number of falls after the intervention ( $p = 0.129$  and  $p = 0.541$ , respectively). By correlating each DGI domain with the falling number, it was observed in the control group, only the eighth domain, going up and down the stairs obtained positive correlation ( $p = 0.043$ ).

Table 4: Correlation between the scores of DGI domains and number of falls

	Control group		Experimental group	
	Number of falls		Number of falls	
	r	Valor de p	r	Valor de p
Item 1 DGI	0,306	0,309	0,122	0,679
Item 2 DGI	0,262	0,338	-0,081	0,782
Item 3 DGI	0,364	0,222	-0,028	0,434
Item 4 DGI	0,364	0,222	-0,030	0,920
Item 5 DGI	0,328	0,274	-0,413	0,142
Item 6 DGI	0,411	0,163	-0,302	0,295
Item 7 DGI	0,048	0,887	-0,287	0,319
Item 8 DGI	0,567	0,043*	-0,190	0,515
DGI TOTAL	0,444	0,129	-0,179	0,541

Spearman non parametric test

\*Significant difference

## DISCUSSION

The results of this study showed that in patients after stroke undergoing treatment that included virtual reality and in patients with conventional therapy, there was an improvement of balance during gait and a reduction in the occurrence of falls. The difference in gait balance after intervention in the control group and the reduction in the occurrence of falls in the treatment group was significant. However, in intergroup analysis there was no difference in both outcomes.

Authors suggest that the rehabilitation of balance should involve the task performed, the particularities of the individual and the environment in which is being held [6]. The balance training with virtual reality provides enriched environments and the ability to solve motor problems by patients [23]. Different studies corroborate that therapy with virtual reality associated with conventional therapy can improve the performance of balance in patients after stroke [7,8,13,20,22,23]. In this study, the improvement of balance during gait in both groups can be explained by the fact that all patients had performed trainings oriented to the task.

In addition, virtual reality therapy can promote more motivation to patients and in that way stimulates new motor and sensory abilities responsible for maintaining the balance [9,24]. A clinical trial that evaluated the motivational aspects found that the group that underwent treatment with VR was more motivated than the control [28]. A recent systematic review draws attention to the need to include in the study the outcome motivation after training with VR [29].

The VR can be an important tool in sensorimotor training of individuals after stroke, since the visual feedback provided by this training can modulate a neural network in the motor, premotor and parietal cortex. This suggests that sensory information can promote cortical reorganization [30,31]. Authors justify that this visual feedback imposed by VR may generate an immediate self-correction for the patient, facilitating the activation of neuronal plasticity [32,33], which increases its clinical applicability [34].

It is known that patients after stroke occur with reduced gait velocity and risk of falls [35]. Although there is no evidence that the stimuli generated by the virtual and real environments has an equivalence in neural activation [36], the scenes of varying capacity and movement trajectories provided by VR can stimulate the gait training [34]. This was verified in studies that observed an increase in gait speed [37] and reduced time in implementing the walk Test of 10 meters [38] after gait training with VR. However, a systematic review said the VR is a secure tool for rehabilitation, but it does not substitute the conventional physical therapy [39].

There was no difference between the groups regarding improvement of balance during gait and the occurrence of falls in this study. It is recognized that the selection of games may have influenced this result. Although the two protocols had similar goals, the activities carried out in the conventional therapy were directed both to balance training on a static basis, as the balance in gait and the games used in virtual reality therapy give priority to balance training in static base. This reaffirms the importance of planning the intervention protocols pairing goals more specifically, advocated in a previous clinical trial that also did not observe significant differences between the groups [7].

In disagreement with these findings, the authors observed that the experimental group had control of the balance boosted after the intervention [8]. This difference in findings may be due to changes in the balance outcome approach. In the present study we evaluated the balance during gait by DGI [9], and in different clinical trials the performance of the balance evaluated was not specific in walking and different assessment tools were used

[7,8,15,17,26,40]. Authors who used the DGI to assess the outcome of the balance after intervention with virtual reality in patients after stroke corroborate the results of the present study [27].

Patients after stroke can evolve with limitations of balance skills and gait, with a consequent increase in occurrences of falls [27,42]. The investigation of the occurrence of falls after three months in this study found a reduction in the occurrence of falls in both groups, being significant only in the group that underwent therapy with Nintendo Wii®. This investigation period was similar to that used by other authors [27,42]. This finding corroborates with a study including patients with different neurological disorders found that reduction of falls after the training achievement based on virtual reality games [41]. Authors report that training with virtual reality results in improved balance and auto safety balance, reported by patients after stroke [27,31], which may reflect in performing daily activities [43,44]. The results of a clinical trial showed that treatment with VR is effective in improving the balance and functional independence in individuals after subacute stroke [38].

Despite the risk of falls identified in the study population, with an average value of DGI  $\leq 19$ , there was no correlation between the result of the DGI and the number of falls. Only the domain going up and down the stairs DGI was correlated with decreases in the control group. This can be justified by the fact that after stroke individuals have become more unstable in the medial-lateral displacement of the center of gravity [41], which may hinder the task. In contrast, the variation of sensory environments provided by the training with virtual reality [27,43], can improve patient safety in carrying out activities that require greater control of postural stability as going up and down the stairs.

This study had as advantage the fact that expand the investigation of the effect of virtual reality games based therapy in gait balance rehabilitation and the occurrence of falls in patients after stroke. As limitation, there is the fact that the games are not specifically marketed directed to rehabilitation, which can limit the physiotherapist to adapt them to specific objectives of the visits. In addition, the small sample size may have influenced negatively in getting some inferences.

## CONCLUSION

The rehabilitation of gait balance in patients after stroke using virtual reality had repercussions in the reduction of falls. Considering the functional and motivational aspects involved in the realization of therapy with games, it is shown as a useful tool for these goals. We suggest conducting further clinical trials with the use of virtual reality games specific to rehabilitation.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Daniel Dominguez, Igor Matos, Marília Lira, Marcelo Masruha for their help in the acquisition of data.



## CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest.

## BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

1. Acidente Vascular Cerebral (AVC). Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/saude/2012/04/acidente-vascular-cerebral-avc>. Acesso em 08 de março de 2015.
2. Stroke, Cerebrovascular accident. Disponível em: [http://www.who.int/topics/cerebrovascular\\_accident/en/](http://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/en/). Acesso em 08 de março de 2015.
3. Garritano CR, Luz PM, Pires MLE, Barbosa MTS, Batista KM. Análise da tendência da mortalidade por Acidente Vascular Cerebral no Brasil no século XXI. *Arq. Bras Cardiol* 2012; 98 (6): 519-27.
4. Wen H, Dou Z, Cheng S, Qiu W, Xie L, Yang H. Activity of thigh muscles during static and dynamic stances in stroke patients: a pilot case-control study. *Topics in Stroke Rehabilitation* 2014; 21 (2): 163-175.
5. Geurts ACH, Haart M, Nes IJW, Duysens J. A review of standing balance recovery from stroke. *Gait & Posture* 2005; 65: 267-281.
6. Horak FB, Henry SM, Shumway-Cook A. Postural Perturbations: New Insights for treatment of balance disorders. *Physical Therapy* 1997; 77 (5): 517-33.
7. Barcala L, Grecco LAC, Colella F, Lucareli PRG, Salgado ASI, Oliveira CS. Visual Biofeedback balance training using Wii Fit after stroke: a randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci* 2013; 25: 1027-1032.
8. 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.
9. Jonsdottir J, Cattaneo D. Reliability and validity of the Dynamic Gait Index in persons with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 1410-5.

10. Belgen B, Beninato M, Sullivan PE, Narielwalla K. The association of balance capacity and falls self-efficacy with history of falling in community-dwelling people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87 (4): 554-61.
11. Pinto EB, et al. Risk factors associated with falls in adults patients after stroke living in the community: baseline data from a stroke cohort in Brazil. *Top Stroke Rehabil* 2014;21(1):220–227.
12. Liu-Ambrose T, Pang MYC, Eng J J. Executive Function Is Independently Associated with Performances of Balance and Mobility in Community-Dwelling Older Adults after Mild Stroke: Implications for Falls Prevention *Cerebrovasc Dis* 2007;23: 203–210.
13. Tyson S F, Hanley M, Chillala J, Selley A, Tallis R.C. Balance Disability After Stroke *Physical Therapy* 2006; 86(1): 30-8.
14. de Haart M, Geurts AC, Huidekoper SC, Fasotti L, van Limbeek J. Recovery of standing balance in postacute stroke patients: a rehabilitation cohort study. *ArchPhys Med Rehabil* 2004;85: 886-95.
15. Cho K, Lee G. Impaired dynamic balance is associated with falling in post-stroke patients. *Tohoku J. Exp. Med.* 2013; 230 (4): 233-39.
16. Campbell GB, Matthews JT. Na interative review of factores associated with falls during post-stroke rehabilitation. *Journal of Nursing Scholarship* 2010; 42 (4): 395-404.
17. Rajaratnam BS et al. Does the inclusion of the virtual reality games within conventional rehabilitation enhance balance retraining after a recente episode of stroke? *Rehabilitation Research and Praticce* 2013; 2013: 1-6.
18. Weerdesteyn V, de Niet M, van Duijnhoven, Geurts AC. Falls in individuals with stroke. *J Rehabil Res Dev* 2008; 45: 1195-213.
19. Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev* 2015; 2.
20. Cikajlo I, Rudolf M, Goljar N, Burger H, Matjačić Z. Telerahabilitation using virtual reality task com improve balance in patients with stroke. *Disabil Rahabil* 2012; 1 (34): 13-18.

21. Baumeister J, Kirsten R, Cordes M, Lerch C, Weib M. Brain activity in goal-directed movements in a real compared to a virtual environment using the Nintendo Wii. *Neuroscience Letters* 2010; 481: 47-50.
22. Crosbie JH, Lennon S, Basford JR, McDonough SM. Virtual reality in stroke rehabilitation: still more virtual than real. *Disability and Rehabilitation*, 2007; 29 (14): 1139-46.
23. Flynn S, Palma P, Bender A. Feasibility of using the Sony PlayStation 2 gaming platform for an individual poststroke: a case report. *J Neurol Phys Ther* 2007; 4 (31): 180-9.
24. Cho KH, Lee KJ, Song CH. Virtual-reality balance training with a video-game system improves dynamic balance in chronic patients. *Tohoku J. Exp. Med* 2012; 228: 69-74.
25. Gómez JAG, Lloréns R, Alcaniz M, Colomer C. Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. *J Neuroeng Rehabil* 2011; 8 (30).
26. Barcala L, Colella F, Araujo MC, Salgado ASI, Oliveira CS. Análise do equilíbrio em pacientes hemiparéticos após treino com o programa Wii Fit. *Fisiot Mov* 2011; 24 (2): 337-43.
27. 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): 218-225.
28. Hung JW et al. Randomized comparison trial of balance training by using exergaming and conventional weight-shift therapy in patients with chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2014; 95: 1629-37.
29. Li Z, Han XG, Sheng J, Ma SJ. Virtual reality for improving balance in patients after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation* 2015; 9.

30. Graziano MS, Gross CG. Visual responses with and without fixation: neurons in premotor cortex encode spatial locations independently of eye position. *Exp Brain Res* 1998; 118: 373-80.
31. Kakei S, Hoffman DS, Strick PL. Sensorimotor transformations in cortical motor areas. *Neurosci Res* 2003; 46: 1-10.
32. Bray S, Shimojo S, O'Doherty JP. Direct instrumental conditioning of neural activity using functional magnetic resonance imaging-derived reward feedback. *J Neurosci* 2007; 27: 7498-507.
33. Wise SP, Moody SL, Blomstrom KL, Mitz AR. Changes in motor cortical activity during visuomotor adaptation. *Exp Brain Res* 1998; 121: 285-299.
34. Adamovich SV, Fluet GG, Tunik E, Merians AS. Sensorimotor training in virtual reality: a review. *NeuroRehabilitation* 2009; 25 (1): 29-49.
35. Kao PC, Dingwell JB, Higginson JS, Binder-Macleod S. Dynamic instability during post-stroke hemiparético walking. *Gait & Posture* 2014; 40: 457-463.
36. Perani D, et al. Different brain correlates for watching real and virtual hand actions. *Neuroimage* 2001; 14: 749-58.
37. Lamontagne A, Fung J, McFadyen BJ, Faubert J. Modulation of walking speed by changing optic flow in persons with stroke. *J Neuroeng Rehabil* 2007; 4:22.
38. Morrone G et al. The efficacy of balance training with vídeo game-based therapy in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *BioMed Research International* 2014.
39. Dos Santos LRA et al. The use of Nintendo Wii in the rehabilitation of poststroke patients: a systematic review. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 2015: 1-8.

40. 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 Neurology* 2013; 13:199.
41. Betker AL, Szturm T, Moussavi ZK, Nett C. Video game-based exercises for balance rehabilitation: a single-subject design. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87: 1141-1149.
42. Kao PC, Dingwell JB, Higginson JS, Binder-Macleod S. Dynamic instability during post-stroke hemiparético walking. *Gait & Posture* 2014; 40: 457-463.
43. Jung J, Yu J, Kang H. Effects of virtual reality treadmill training on balance and balance self-efficacy in stroke patients with a history of falling. *J Phys Ther Sci* 2012; 24: 1133-1136.
44. Cho K, Lee G. Impaired dynamic balance is associated with falling in post-stroke patients. *Tohoku J. Exp. Med.* 2013; 230: 233-239.

Artigo 2

Título: Balance and virtual reality in post stroke patients: literature review

**Revista Pesquisa em Fisioterapia.** 2014 Dez;4(3):183-188

REVISÃO DE LITERATURA

## REALIDADE VIRTUAL NA REABILITAÇÃO DO EQUILÍBRIO DE PACIENTES APÓS AVC

• *revisão de literatura* •

Erika Pedreira\*, Elen Beatriz Pinto\*\*

Autor correspondente: Erika Pedreira - erikapedreira@gmail.com

Physical Therapist, Master in Health Technology (EBMSP), Professor at UCSal and UERBA

Physical Therapist, Doctor of Health Sciences, UERBA, Professor of EBMSP and UNEB

### Resumo

**Introdução:** O Acidente Vascular Cerebral pode resultar em alterações com déficit de equilíbrio. A reabilitação torna-se imprescindível para a reabilitação do equilíbrio, sendo a Realidade Virtual um dos recursos que podem ser utilizados. **Objetivo:** sistematizar o conhecimento sobre o efeito da realidade virtual sobre o equilíbrio de pacientes após AVC. **Método:** Foi realizada uma revisão de literatura no período de abril a maio de 2014, usando as bases de dados Lilacs e Medline, via Pubmed, incluindo-se artigos originais publicados de janeiro de 2004 a maio de 2014. **Resultados:** foram encontrados 24 artigos, permaneceram seis que preencheram os critérios de inclusão, quatro ensaios clínicos randomizados, um ensaio clínico de braço único e um relato de caso. **Conclusão:** Verificou-se que a realidade virtual pode servir como recurso coadjuvante na reabilitação do equilíbrio desses pacientes, com o propósito do treino orientado à tarefa e de cunho motivacional.

**Palavras-chave:** Realidade virtual; Equilíbrio; Acidente vascular cerebral.

## BALANCE AND VIRTUAL REALITY IN POST STROKE PATIENTS

• *literature review* •

### Abstract

**Introduction:** This stroke can result in balance deficit disorders. The rehabilitation becomes indispensable for balance rehabilitation, and the virtual reality is one of the tools that can be used. **Aim:** systematize the knowledge on the virtual reality effect over the balance in patients after stroke. **Method:** a literature review was realized in the period of April-May 2014, using Lilacs and Medline data base, by Pubmed, including original articles published from January 2004 to may 2014. **Results:** 24 articles were found, six

remained for they met the inclusion criteria, four randomized clinical trials, a single-arm clinical trial, and a case report. Conclusion: It was seen that virtual reality can be a supporting tool to rehabilitate balance in these patients, for the purpose of training task-oriented and motivational nature.

**Keywords:** Virtual reality; Balance; Stroke.

## INTRODUCTION

The stroke is a neurologic condition, determined by brain lesion of vascular origin, ischemic or hemorrhagic, causing death of neurons and brain disorganization.<sup>(1)</sup> In Brazil, there is an incidence of 108 cases per 100 thousand people, a year.<sup>(2)</sup> Its main presentation is the hemiplegia or hemiparesis, which is characterized by sensory and motor impairment,<sup>(1)</sup> that result among other issues, in balance deficit, with consequential fall episodes and may reduce the functional capacity of the patients.<sup>(3,4)</sup>

Balance is defined as the condition in which all the power acting on the body are balanced in a way that the mass center remains inside the limits of stability, on the support base edges. In order to occur this, some compensatory strategies are used, such as balance adjustment and projection reactions.<sup>(5)</sup> In some cases, these strategies are not effective enough to keep body balance, leading to falls. Authors report that 25% to 75% of post stroke patients have fall history and 10% of them, critical consequences.<sup>(6)</sup>

Physiotherapy becomes essential for these patients rehabilitation,<sup>(7)</sup> with its various approaches, like conventional physiotherapy. However nowadays there are innovative approaches as the virtual rehabilitation, aiming to simulate functional activities, indispensable for neurologic patients rehabilitation, creating more motivation and entertainment for them, improving the symptoms and thereafter their functional capacity.<sup>(8-12)</sup>

People that suffered any episode of stroke may show balance deficit, fact that along with other

changes from hemiplegia, predispose to falls and consequent reduce of functional capacity. So, it is necessary to collect information about the influence of virtual rehabilitation on the motor and sensory improvement of hemiplegic and if its efficacy lap up to conventional physiotherapy, on balance rehabilitation of these patients. Thus, the goal of this study was systematize the knowledge about the effect of virtual reality over the balance of patients post stroke.

## METHODOLOGY

A literature review was performed, using Lilacs and Medline database and Scielo and Pubmed virtual libraries. Data collection was held during February to May 2014. As descriptors, virtual reality, stroke, balance and related words in English, Spanish and Portuguese were used.

Original articles published from January 2004 to May 2014 that addressed about the effect of virtual reality with the use of video games, on the balance of post stroke patients were included. Articles whose goal was only identify the effectiveness of virtual reality on cortical reorganization were excluded.

## RESULTS

The number of 24 articles were found, addressing virtual reality on post stroke patients, 17 were excluded; five due to other approaches not



considering balance, four by the fact that they approached the cortical reorganization, five that only addressed the effectiveness of virtual reality in patients post stroke without focusing on balance, three for being systematic reviews, and one due to

not consider videogames. Six original articles were included, five randomized clinical trials, and one case report. The Table 1 shows the characterization of the included studies.

**Table 1 - Characterization of studies**

AUTHOR, YEAR	TYPE OF STUDY	TREATMENT PROTOCOL	BALANCE EVALUATION INSTRUMENT	STUDIES CONCLUSION
Barcola et al., 2013	Randomized Clinical Trial	Experimental Group (Conventional Physical Therapy and virtual reality) and control group (Conventional Physical Therapy).	Baropodometry, Stabilometry, Berg Balance Scale, Timed Up and Go test, Functional Independence Measure.	Physical Therapy associated with virtual reality improves balance and function in stroke victims.
Ki et al., 2012	Randomized Clinical Trial	Experimental Group (Conventional Physical Therapy and virtual reality) and control group (Conventional Physical Therapy).	Berg Balance Scale, Timed Up and Go test.	Important improvement of dynamic balance in experimental group.
Barcola et al., 2011	Randomized Clinical Trial	Experimental Group (Conventional Physical Therapy and virtual reality) and control group (Conventional Physical Therapy).	Baropodometry, Stabilometry, Berg Balance Scale.	Physiotherapy associated with Wii Fit® features important results on rehabilitation of hemiparetic individuals.
Gómez et al., 2011	Randomized Clinical Trial	Experimental Group (Conventional Physical Therapy and virtual reality) and control group (Conventional Physical Therapy).	Berg Balance Scale, Anterior Reach Test, Timed Stair Test, 1-minute walking test, Timed Up and Go test.	Virtual reality as a safe and effective alternative for balance rehabilitation.
Kim et al., 2009	Randomized Clinical Trial	Experimental Group (Conventional Physical Therapy and virtual reality) and control group (Conventional Physical Therapy).	Balance Performance Monitor, Berg Balance Scale, 10-m walking test, Modified Assessment Scale and GAITRite.	Virtual reality had an additive effect on the locomotor recovery of post stroke hemiparetic patients.
Flynn et al., 2007	Case Report	A post stroke patient realized 20 sessions with virtual reality.	Dynamic Gait Index, Fulg-Meyer Assessment, Berg Balance Scale.	Virtual reality can be used for sensory motor recovery post stroke.

## DISCUSSION

The majority of studies, report that there was randomization of the patients in two groups, one group that realized conventional therapy and other that added virtual reality to the therapy.<sup>8,13,16</sup> However, only two describe that the randomization was realized through a computer program,<sup>13,16</sup> which may characterize medium risk of bias on the others. Another author, reports that randomization was reached from a randomization table, which may determine an uncertain risk of bias.<sup>17</sup> None of the authors report how the partition was conducted, with no information if there was confidentiality lease of the patients on both groups. Only one of them expose that the study is double blinded, for the patients and therapists did not know the division between groups.<sup>4</sup> and another study reports blinding only from the evaluator.<sup>17</sup>

On the aforementioned studies, the patients were performing conventional therapy on both groups.<sup>8,13,16</sup> Only two of them describe the protocol used for this conventional therapy.<sup>8,16</sup> one of them consisted of rhythmic stabilization exercises, articular stabilization exercises for knee and hip, training weight transfer between the lower limbs to improve symmetry, balance training with gravity center displacement on the anteroposterior and laterolateral directions.<sup>8</sup> On the other, the exercises included stretching, joint mobilization, static and dynamic balance training and functional activities training.<sup>16</sup> The other authors only quote that the patients performed the exercises aiming the balance training.

In all studies patients underwent activity with virtual reality.<sup>8,13,16</sup> There was a disagreement among the authors regarding the duration of treatment and as to the number of sessions. Two of them carried out 20 hours of segmented therapy in three to five sessions per week.<sup>13,16</sup> In three studies, the group that conducted the intervention with virtual reality had additional treatment time of 30 minutes compared to the control group who only performed the conventional physiotherapy. In these

three studies, the group subjected to virtual reality got more positive response in maintaining balance, which may have been for the benefit of the conduct or the longer treatment.<sup>8,13,16</sup>

Authors report that the selected games were intended to train balance,<sup>8,13,16</sup> but only four of them mention which games were used.<sup>8,14,16</sup> There was variation between the assessment instruments used in the studies. To assess static balance, the main instruments were Platform Pressure and the Berg Balance Scale (BBS).<sup>8,13,16</sup> For dynamic balance, the Timed Up and Go<sup>8,13,16</sup> and 10 meter walk Test.<sup>8,14</sup>

All studies showed improvement of balance in patients who participated in therapy with virtual reality, and refer potentially an important additional resource for the rehabilitation of patients with brain lesions.<sup>8,13,16</sup> One study demonstrated a significant improvement in static balance of patients using virtual reality compared to conventional therapy, but there was no significant difference in dynamic balance.<sup>13</sup> In contrast, in another study, the authors concluded that there was a significant improvement in dynamic balance in the group that underwent training with virtual reality, but there was no improvement in static balance in both groups.<sup>16</sup> This difference may be due to different assessment instruments used, which should be selected according to the purpose of the study.

In the clinical trial developed by Kim et al,<sup>8</sup> 2009, the experimental group, which used virtual reality for balance training improved scores on the BBS and on the ability to control the center of gravity in relation to the control group, as well as a significant improvement in gait speed. However, in another study authors found that patients in both groups showed improvement in static and dynamic balance in the BBS and the experimental group showed improvement in anteroposterior displacement, compared with control, reflecting better static balance.<sup>13</sup>

Researchers found that balance training with virtual reality can be beneficial even when it is done at home by the patient.<sup>13,16</sup> In a case report with the

goal of explore the use of low-cost virtual reality in a chronic hemiparetic individual post stroke, which used games from PlayStation 2® for 20 times, the authors ascertained that there was significant improvement in balance evaluated by Dynamic Gait Index and concluded that virtual reality used in household may be an adjunct to standard physical therapy, since it is easy to use and has a motivation potential.<sup>79</sup> In a single-arm clinical trial, patients underwent balance training with virtual reality for two weeks in an outpatient setting and a week at home. The authors observed, comparing with the literature, that patients improved from 15% at BBS and 25% in the TUG, justifying such improvements as a result of the balance training at home strategy sequel.<sup>79</sup>

The present study had the positive side, the fact of gathering publications on the use of virtual reality in balance recovery in post stroke patients, since this is a new tool that can be combined with conventional therapy. As limitation, the small number of publications on the subject, the methodological heterogeneity among studies and the lack of information about the injury site and patients age in the included studies.

## CONCLUSION

Patients post stroke may evolve to balance deficits due to several changes of hemiplegia / hemiparesis. Physiotherapy is essential for rehabilitation of such patients, with virtual reality emerging as an additional resource to conventional therapy in the recovery of static and dynamic balance, with the purpose of the task-oriented training and motivational nature.

Due to methodological differences between the studies, it cannot be inferred the optimal protocol for the use of virtual reality as a resource for rehabilitation. It is suggested that further original studies should be conducted for a more consistent knowledge about the effect of balance training with virtual reality in post stroke patients.

## REFERENCES

1. Morvici FCI, Cardoso NS, Berteli KS, Garanhani MR, Cardoso JR. Alterações eletromiográficas das músculos do tronco de pacientes com hemiparésia após acidente vascular encefálico. *Arq Neuropsiquiatr*. 2007; 65 (3-b): 900-5.
2. Diretriz de Acidente Vascular Cerebral. Disponível em: [http://www.bvzms.saude.gov.br/diretrizes\\_atencao\\_reabilitacao\\_acidente\\_vascular](http://www.bvzms.saude.gov.br/diretrizes_atencao_reabilitacao_acidente_vascular). [Acesso em 19 maio 2014].
3. Belgen B, Beninato M, Sullivan PE, Nantelwallo K. The association of balance capacity and falls self-efficacy with history of falling in community-dwelling people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006; 87 (4): 554-61.
4. 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.
5. Jonadotir J, Cottaneo D. Reliability and validity of the Dynamic Gait Index in persons with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007; 88: 1410-5.
6. Horak F B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2006; 35(2): 7-11.
7. Freitas MAV, Schweicher ME. Preocupação de idosos em relação a quedas. *Rev. bras. geriatr. gerontol*. 2008; 11(1).
8. Cikajlo I, Rudolf M, Goljar N, Burger H, Matijević Z. Telerehabilitation using virtual reality task can improve balance in patients with stroke. *Disabil Rehabil*. 2012; 13(4): 13-18.
9. Alves L et al. Videogame as implicações para aprendizagem, atenção e saúde de crianças e adolescentes. *Rev. méd. Minas Gerais*. 2009; 19 (1): 19-25.
10. Vanderline F. Videogame no xadrez e na reabilitação. São, SP: Editora Schobq; 2010.
11. Flynn S, Palma P, Bender A. Feasibility of using the Sony PlayStation 2 gaming platform for an individual poststroke: a case report. *J Neurol Phys Ther*. 2007; 4 (3): 180-9.

12. Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011; 9 (7).
13. Cho KH, Lee KI, Song CH. Virtual-reality balance training with a video-game system improves dynamic balance in chronic patients. *Tohoku J Exp Med*. 2012; 228: 69-74.
14. Gómez JAG, Llaréns R, Alcañiz M, Colomer C. Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaVR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. *J Neuroeng Rehabil*. 2011; 8 (30).
15. Barcala L, Colella F, Araujo MC, Salgado ASI, Oliveira CS. Análise do equilíbrio em pacientes hemiparéticos após tórneo com o programa Wii Fit. *Fisioter. mov* 2011; 24 (2): 337-43.
16. Barcala L, Grecco LAC, Colella F, Luareñi PRG, Salgado ASI, Oliveira CS. Visual Biofeedback balance training using Wii Fit after stroke: a randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci*. 2013; 25: 1027-1032.

