

Comparação da pontuação obtida por videogame com variáveis biomecânicas em pacientes pós-acidente vascular encefálico

Comparison of scores obtained in videogame with biomechanical variables in stroke

Fernanda Botta Tarallo¹, Jéssica Santos da Silva¹, Mayara Luz Alcantara dos Santos¹, Pedro Claudio Gonsales de Castro², Maria Cecília dos Santos Moreira³

RESUMO

A realidade virtual (RV) promove treinamento intensivo de uma mesma tarefa, possibilitando a aprendizagem motora, podendo influenciar a retomada do controle postural (CP) em indivíduos com acidente vascular encefálico (AVE). Videogames (jogos de vídeo) com plataforma de equilíbrio são utilizados como forma de intervenção e, ao final dos jogos, uma pontuação é fornecida, porém não há evidências de que ela possa ser utilizada como parâmetro de quantificação do CP. **Objetivo:** Verificar se há correlação entre a pontuação obtida por um jogo de videogame e variáveis estabilométricas. **Métodos:** Nove indivíduos com histórico de AVE realizaram um protocolo experimental utilizando o jogo Penguin Slide do Nintendo Wii como intervenção. Coletou-se a pontuação obtida na primeira e na última sessão. Utilizou-se a plataforma de força AMTI 2.0, com frequência de aquisição de 200 Hz para as avaliações pré e pós-intervenção. Os voluntários foram posicionados de olhos abertos (OA) e fechados (OF) na postura ereta durante 1 minuto, com um pé em cada plataforma. Utilizando o Software Matlab® 7.0, obtiveram-se as variáveis do centro de pressão (COP): área COP total (ACOPt), área COP nos eixos médio-lateral (ACOPx) e ântero-posterior (ACOPy) e velocidade média do COP (VCOP). O teste de Wilcoxon pareado ($p < 0,05$), de natureza não paramétrica, foi utilizado para comparar os resultados da pontuação do jogo Penguin Slide e os dados obtidos pela plataforma de força nas condições OA e OF. As análises foram feitas com auxílio do software R. **Resultados:** Comparação inicial e final da pontuação ($p = 0,003$). Comparação inicial e final de OA: ACOPt ($p = 0,91$), ACOPx ($p = 0,57$), ACOPy ($p = 0,49$), VCOP ($p = 0,09$). Comparação inicial e final de OF: ACOPt ($p = 0,73$), ACOPx ($p = 1,0$), ACOPy ($p = 0,73$), VCOP ($p = 0,73$). **Conclusão:** A RV não proporcionou aos indivíduos aprimoramento do CP, porém a pontuação no jogo Penguin Slide aumentou significativamente. Desse modo, não houve correlação entre a pontuação obtida por um jogo de videogame e variáveis estabilométricas.

Palavras-chave: Acidente Vascular Cerebral/reabilitação, Jogos de Vídeo, Equilíbrio Postural

ABSTRACT

Virtual reality (VR) promotes intensive training of a single task, enabling the motor learning, thereby affecting the recovery of postural control (PC) in individuals with stroke. Video game with balance platform are used as a form of intervention and, at the end of the game, a score is provided, but there is no evidence that it can be used as a quantitative parameter of PC. **Objective:** To determine whether there is a correlation between the score obtained by a video game and stabilometric variables. **Methods:** Nine individuals with stroke participated in an experimental protocol using the game Penguin Slide as intervention. The score was collected in the first and last sessions. The 2.0 AMTI force platform was used, with an acquisition frequency of 200Hz for evaluating before and after intervention. The volunteers were positioned with open eyes (OE) and closed eyes (CE) in the upright position for 1 minute, with one foot on each platform. Using the Matlab software, the variables of center of pressure (COP) were obtained: total COP area (ACOPt), COP area on the mediolateral (ACOPx) and anteroposterior (ACOPy) axis, average speed of COP (VCOP). The non-parametric paired Wilcoxon test ($p < 0.05$) was used to compare the initial and final results of Penguin Slide game score and the pre and post intervention data obtained by the force platform in the OE and CE conditions. The analysis were done with the software R. **Results:** Comparison of initial and final score ($p = 0.003$). In OE condition, the initial and final comparison: ACOPt ($p = 0.91$), ACOPx ($p = 0.57$), ACOPy ($p = 0.49$), VCOP ($p = 0.09$). In CE condition, the initial and final comparison: ACOPt ($p = 0.73$), ACOPx ($p = 1.0$), ACOPy ($p = 0.73$), VCOP ($p = 0.73$). **Conclusion:** The VR did not provide PC improvement of the patients despite the score of the Penguin Slide game have increased significantly at the end of the protocol. Thus, there was no correlation between the score obtained by video game and the stabilometric variables.

Keywords: Stroke/rehabilitation, Video Games, Postural Balance

¹ Fisioterapeuta, Programa de Aprimoramento Profissional, Instituto de Medicina Física e Reabilitação - IMREA HCFMUSP.

² Fisioterapeuta, Instituto de Medicina Física e Reabilitação - IMREA HCFMUSP.

³ Diretora do Serviço de Fisioterapia, Instituto de Medicina Física e Reabilitação - IMREA HCFMUSP.

Endereço para correspondência:
Instituto de Medicina Física e Reabilitação HCFMUSP
Serviço de Fisioterapia

Pedro Claudio Gonsales de Castro
Rua Domingos de Soto, 100
CEP 04116-040
São Paulo - SP
E-mail: pedro.castro@hc.fm.usp.br

Recebido em 17 de Outubro de 2015.

Aceito em 21 de Setembro de 2016.

DOI: 10.5935/0104-7795.20160027

INTRODUÇÃO

O acidente vascular encefálico (AVE) caracteriza-se pela instalação súbita de um déficit neurológico que pode acarretar um quadro clínico variável de acordo com a localização da lesão, sendo a hemiparesia o mais frequente deles. No entanto, há também déficits motores, sensitivos, cognitivos e perceptuais associados,¹ que acarretam importantes alterações no controle postural (CP).² As quedas são uma das principais complicações em indivíduos com AVE e interferem na sua retomada funcional,³ sendo o retraining do equilíbrio um importante aspecto da reabilitação desses indivíduos. Em 2009, foram registradas 160.121 internações por doenças cerebrovasculares, com taxa de mortalidade de 51,8 a cada grupo de 100.000 habitantes,⁴ o que confirma a importância de pesquisas que tragam avanços para a reabilitação desses pacientes.

O CP envolve o posicionamento do corpo no espaço com os objetivos de mantê-lo estável e orientado, sendo a estabilidade caracterizada pela capacidade de o indivíduo manter o centro de massa (CM) projetado dentro dos limites da base de suporte.⁵ São três as modalidades envolvidas no CP: as aferências somatossensoriais, as aferências vestibulares e as aferências visuais. É a integração dessas informações e a habilidade de escolher e utilizar o input (entrada) sensorial mais adequado à condição crucial para o adequado CP.⁶ A conservação do equilíbrio, mesmo na postura estática, é um processo dinâmico em que forças agem sobre o corpo, e a projeção vertical dessas forças recai sobre o centro de pressão (COP). A oscilação do COP é inversamente proporcional à estabilidade postural, sendo que, quanto maior a oscilação do COP, menor é a estabilidade postural, uma vez que mais próximo dos limites de estabilidade está o CM.⁷

As condutas de tratamento na reabilitação de indivíduos com sequelas de AVE seguem os princípios de aprendizagem motora, na qual a prática repetitiva e intensa de uma tarefa específica induz modificações na plasticidade cerebral e influenciam a retomada funcional dos déficits.^{8,9} No entanto, sabe-se também que as terapias convencionais proporcionam um número limitado de repetições,⁹ enquanto terapias que utilizam realidade virtual (RV)¹⁰⁻¹² vêm se destacando por permitirem o treinamento intensivo e repetitivo de uma mesma tarefa.⁸

A RV é descrita como uma forma de interface entre usuário e computador que simula

um ambiente real e permite que os participantes interajam com ele.¹³

É um recurso que garante feedback (resposta) visual, dando oportunidade para o usuário observar os próprios movimentos em tempo real, o que facilita o treinamento e ativa neurônios espelhos.⁹ Esses favorecem a reorganização cortical e a facilitação do aprendizado, podendo então contribuir para a recuperação funcional.¹⁴

Em novembro de 2006, a Nintendo® lançou o videogame (jogos de vídeo) de sétima geração (VSG) Nintendo Wii®, um aparelho de RV não imersivo.¹⁵ Por meio do Wii Remote é possível reconhecer gestos em um ambiente¹⁶ e, por meio de uma plataforma de equilíbrio conectada ao videogame via Bluetooth, é permitido ao usuário que esteja sobre ela controlar um personagem virtual pelos seus movimentos de tronco, membros superiores e inferiores. Pensando nos potenciais benefícios desse novo instrumento na reabilitação de indivíduos com alterações neurológicas, em 2008, foi publicado o primeiro relato de caso utilizando o Nintendo Wii® como ferramenta de reabilitação neurológica em um paciente com paralisia cerebral¹⁷ e, desde então, vários outros estudos foram realizados.

Dentre os jogos propostos pelo Nintendo Wii®, estão os denominados “balance games” (jogos de equilíbrio). Tais jogos utilizam estratégias de equilíbrio para controlar o personagem virtual que está na tela e, com isso, o indivíduo é capaz de interagir ativamente com o jogo. Ao final de cada jogo, é atribuída pelo videogame uma pontuação, porém não se sabe se ela pode ser utilizada como parâmetro quantitativo de evolução do equilíbrio.

Desse modo, notou-se a necessidade de verificar se a utilização da RV como instrumento para o retraining do equilíbrio é uma terapêutica eficaz, capaz de aprimorar o CP de indivíduos com sequelas de AVE. Com isso, será possível incluir programas terapêuticos com o videogame.

OBJETIVO

Comparar as pontuações fornecidas pelo videogame na primeira e na última terapia virtual e comparar os dados avaliados na plataforma de força antes e após a intervenção. Verificar se há uma correlação entre a média da pontuação obtida de um único jogo de videogame com as variáveis cinéticas obtidas em plataforma de força nos indivíduos com sequelas de AVE.

MÉTODOS

O estudo foi realizado no Instituto de Medicina Física e Reabilitação do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (IMREA - HCFMUSP). Participaram desse estudo nove indivíduos de ambos os sexos com sequela de AVE, sendo 5 do sexo masculino. A idade média foi de 50,88 anos (\pm 11,63), e sete deles apresentavam hemiparesia direita. Os indivíduos formalizaram sua participação por escrito por meio da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. A participação deles foi tramitada perante o Comitê de Ética do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, recebendo parecer favorável nº 0735/10.

Os critérios de exclusão foram tônus superior a 1+ na escala de Ashworth modificada¹⁸ nos músculos solear, gastrocnêmio, tibial anterior, quadríceps e ísquios tibiais, considerados músculos de grande importância para a manutenção do equilíbrio e CP; força muscular menor que grau 3 nos músculos citados; atrofias e deformidades em membros inferiores que limitassem a amplitude de movimento do quadril, joelho e tornozelo; déficits cognitivos e alterações psiquiátricas que impossibilitassem a aplicação da terapia proposta; deficiência visual que comprometesse o desempenho da terapia; doenças prévias que pudessem interferir nas avaliações; comprometimento cerebral ou do sistema vestibular; obesidade.

Materiais de análise biomecânica

A coleta de dados foi realizada no Laboratório de Movimento do IMREA - HCFMUSP que possui três plataformas de força AMTI 2.0/2004, modelo OR6-7 (1000). Por meio dessas plataformas, foi possível mensurar as forças tridimensionais dos indivíduos nos eixos x (médio-lateral), y (ântero-posterior) e z (vertical) em relação ao sistema de referência do laboratório. As plataformas possuem 1000 Hertz (Hz) de frequência de aquisição, porém, no presente estudo, usou-se frequência de 200Hz, e as plataformas utilizadas foram a 2 e a 3. Elas foram calibradas previamente ao experimento.

Avaliação

Após eleitos, os indivíduos foram avaliados no Laboratório de Movimento do IMREA - HCFMUSP inicialmente e após o término do protocolo experimental, que era de 24 semanas, nas mesmas condições. Os indivíduos foram posicionados na postura ereta com os braços

ao longo do corpo, estando com um pé em cada plataforma, sendo o pé esquerdo sobre a plataforma 2 e o pé direito sobre a plataforma 3; dessa forma, o eixo x representava a posição médio-lateral (ML) e o y, a posição ântero-posterior (AP). A tarefa foi realizada nas condições: a) olhos abertos (OA), na qual o indivíduo permaneceu olhando para um ponto fixo demarcado na parede do laboratório de movimento e b) olhos fechados (OF), utilizando óculos de mergulho preenchidos com algodão a fim de eliminar a informação sensorial da visão. A tarefa foi explicada previamente para o indivíduo, e um pesquisador permaneceu ao lado dele para segurança. Foram realizadas três tentativas com duração de 1 minuto cada. A primeira tentativa foi para a adaptação do indivíduo à tarefa, a segunda foi a tentativa válida para a análise de dados, e a terceira foi realizada para segurança, caso houvesse erro experimental. Entre as tentativas, o indivíduo repousava sentado em uma cadeira durante 1 minuto.

Materiais de intervenção terapêutica

Para o experimento, utilizou-se o videogame Wii® da Nintendo, que é composto por um console, um controle manual sem fio e uma plataforma de equilíbrio denominada balance board (plataforma de equilíbrio). Os dois últimos componentes citados são os responsáveis por realizar a interface entre o homem e o ambiente virtual. O console e a plataforma de equilíbrio se conectam via bluetooth.

Neste estudo, não se utilizou o controle manual sem fio como ferramenta terapêutica, mas apenas para acesso ao menu do videogame. A plataforma de equilíbrio estava posicionada a dois metros de distância do televisor e esse se encontrava em uma altura de 90 cm em relação ao solo. Colchonetes foram posicionados ao redor da plataforma de equilíbrio do videogame de modo a proteger os indivíduos caso houvesse quedas, mas, para evitá-las, um pesquisador acompanhou os atendimentos e permaneceu próximo ao indivíduo. Para este estudo, foram considerados apenas as pontuações obtidas pelo jogo Penguin Slide devido ao fato de ele apresentar o mesmo grau de dificuldade e, portanto, permitir a comparação da pontuação do indivíduo na primeira e na última sessão do protocolo experimental.

O jogo Penguin Slide consiste em um pinguim que deve ser deslocado sobre um iceberg (bloco de gelo), sendo o objetivo pegar o maior número de peixes que são lançados de um lado para outro durante 90 segundos. Para conseguir alcançar os peixes, é necessário que o indivíduo se desloque sobre a plataforma de um

lado para outro sem que o avatar escorregue do iceberg e caia no mar. Essa atividade exige o deslocamento médio-lateral e a destreza do indivíduo para deslocar o peso de seu corpo de um lado para o outro de maneira rápida.

Protocolo experimental

O protocolo de pesquisa consistiu em cinco jogos de equilíbrio de um videogame distribuídos ao longo de 24 semanas, em uma frequência de duas vezes por semana. Dentro desse protocolo, utilizou-se o jogo Penguin Slide nas semanas 1, 3, 6, 8, 11, 14, 17, 20 e 23. Em cada sessão da semana, o mesmo jogo era repetido cinco vezes. Todos os participantes realizaram fisioterapia duas vezes por semana, e o atendimento foi composto por alongamentos globais, fortalecimento muscular, treino de equilíbrio e propriocepção, treino de marcha, orientações nas AVDs (atividades de vida diária) e, em alguns casos, recursos físicos. As sessões duraram aproximadamente uma hora.

Coleta e processamento dos dados

Apenas a pontuação obtida no primeiro e no último dia de protocolo experimental foi considerada; desse modo, nesses dias, ao término de cada repetição do jogo Penguin Slide, foi anotada a pontuação dada pelo videogame. Foram coletados também os dados obtidos no laboratório de movimento inicialmente e após o término do protocolo experimental. As variáveis cinéticas foram processadas pelo software EVArT 5.0 e Ortotrack 6.6.4 e calculadas por meio do Matlab® 7.0 (software de análise estatística interativo e de alta performance voltado para o cálculo numérico que integra a análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos).¹⁹

Descrição das variáveis

Dentre todas as variáveis disponibilizadas por esse software, as eleitas para a análise foram:

- Área total do centro de pressão (ACOPt): representa a área do deslocamento do COP na direção AP e ML.
- Área do COP no eixo x (ACOPx): representa a área do deslocamento do COP na direção ML.
- Área do COP no eixo y (ACOPY): representa a área do deslocamento do COP na direção AP.
- Velocidade média do COP (VCOP): a velocidade de deslocamento do COP determina quão rápido foram os deslocamentos.

Análise estatística

Para verificar se houve alteração da pontuação do jogo Penguin Slide e se houve modificações nas variáveis analisadas na plataforma de força tanto na condição OA como na condição OF ao final da intervenção, utilizou-se o software R para realizar o teste não paramétrico de Wilcoxon pareado, adotando nível de significância $p < 0,05$.

RESULTADOS

Os dados da pontuação estão descritos na Tabela 1. A comparação da pontuação do jogo Penguin Slide no início e no final da intervenção indicou que houve diferença estatisticamente significativa ($p = 0,003$) dos resultados após a intervenção.

A comparação das variáveis ACOPT, ACO-Px, ACO-Py e VCOP obtidas na avaliação inicial e final nas condições OA (Tabela 2) e OF (Tabela 3) indicou que não se diferiram em relação às medidas de tendência central. Desse modo, os resultados indicam que o jogo não interferiu no aprimoramento do equilíbrio, já que a pontuação no jogo Penguin Slide aumentou, mas as variáveis que avaliaram o CP não apresentaram diferenças estatisticamente significantes. Desse modo, não se obteve correlação entre a pontuação do jogo Penguin Slide e a melhora do CP.

DISCUSSÃO

Os estudos investigam a RV por ela permitir uma interface computacional que envolve a simulação em tempo real dos movimentos, o que estimula o usuário a reagir ao que ele vê na tela. Como a reabilitação do equilíbrio requer aprendizado motor e, portanto, é dependente da prática e de feedback (resposta),¹⁹ a terapia virtual poderia ser um promissor instrumento na reabilitação de pacientes neurológicos.

No entanto, os resultados do presente estudo revelaram que, apesar de haver um aumento estatisticamente significativo na pontuação do jogo Penguin Slide do videogame Nintendo Wii® (Tabela 1), o que poderia ser indicativo de um aprimoramento do CP nesses indivíduos, na avaliação do COP, não houve diferenças estatisticamente significantes entre os resultados antes e após a intervenção nas condições OA (Tabela 2) e OF (Tabela 3), o que indica que o protocolo de terapia virtual utilizado não foi suficiente para que houvesse aprimoramento do CP em indivíduos com sequelas de AVE.

Tabela 1. Pontuação obtida na primeira (inicial) e na quadragésima sexta (final) sessão de cada indivíduo no jogo Penguin Slide

Randomização	Pontuação inicial Penguin Slide	Pontuação final Penguin Slide
IND. 1	42,8	52
IND. 2	37,8	66,4
IND. 3	43,4	74,8
IND. 4	52	84,8
IND. 5	39	68
IND. 6	47,6	68,2
IND. 7	32	65,2
IND. 8	60,6	74,4
IND. 9	57,6	88,8
Média	45,8*	71,4*
Desvio padrão	9,45	10,97

* diferença estatística ($p = 0,003$).**Tabela 2.** Média das variáveis analisadas na plataforma de força e valor de p

	Pré-OA	Pós-OA	Valor de p
ACOPt	382,26	281,15	0,910
ACOPx	11,84	13,29	0,570
ACOPy	28,83	27,39	0,496
VCOP	2,14	1,58	0,097

Dados referentes à condição olhos abertos.

Tabela 3. Média das variáveis analisadas na plataforma de força e valor de p

	Pré-OF	Pós-OF	Valor de p
ACOPt	494,50	458,62	0,734
ACOPx	23,65	14,17	1,000
ACOPy	33,62	29,23	0,734
VCOP	2,76	2,28	0,734

Dados referentes à condição olhos fechados.

No estudo de Cho, Lee e Song,¹⁰ indivíduos com sequelas de AVE foram avaliados em relação ao equilíbrio estático (velocidade de oscilação postural) e equilíbrio dinâmico (escala de equilíbrio de Berg - EEB e Timed Up and Go - TUG) e foram randomizados em grupo controle (realizou apenas fisioterapia) e grupo experimental (realizou fisioterapia e RV). Os resultados indicaram que houve um grande aumento nas habilidades de equilíbrio dinâmico no grupo experimental após comparação de ambos os grupos. Porém, quando avaliada a velocidade de oscilação postural AP e ML, nas condições OA e OF, não houve diferença estatisticamente significativa para ambos os grupos, o que indicou que não houve aprimoramento do equilíbrio estático para ambos os grupos. Esperava-se que, na condição OF, o paciente apresentasse maior velocidade de oscilação postural devido à perda da aferência visual. Esse resultado corrobora os

resultados do presente estudo, já que nele foi utilizada a plataforma de força, equipamento usualmente utilizado para avaliar o equilíbrio estático e a oscilação postural.

O artigo de Barcala et al.¹¹ utilizou como método de avaliação a EEB e a estabilometria, que mensura a oscilação do COP nos eixos AP e ML por uma plataforma de pressão nas condições OA e OF. Os resultados apresentados por Barcala et al.¹¹ indicam que, após o protocolo experimental, houve diminuição da oscilação ML e melhora na EEB em ambos os grupos, mas a oscilação AP foi reduzida apenas no grupo em que se realizou terapia virtual, o que indica que a RV pode influenciar a retomada do equilíbrio principalmente relacionada às estratégias AP. Esse resultado é contrário aos resultados encontrados no presente estudo, em que não houve diferenças estatísticas na área de oscilação corporal total, AP ou ML.

Já o estudo de Gil-Gómez et al.⁸ obteve como resultado o aprimoramento do equilíbrio estático em pacientes com lesão encefálica, adquirido após realização de terapia virtual associada a terapia convencional. Morone et al.¹² obtiveram, em seus achados, o aprimoramento do balance e da independência nas AVDs em pacientes com AVE subagudo que realizaram fisioterapia associada ao treino de balance no Wii Fit em comparação aos indivíduos que realizaram a fisioterapia acrescida de treino de balance convencional.

Os resultados apresentados nos estudos anteriores,^{8,12} que utilizaram apenas escalas como instrumentos de avaliação do equilíbrio, indicaram aprimoramento do CP após intervenção com Wii Fit, porém os estudos que utilizaram a posturografia como método de avaliação do CP não encontraram diferenças estatisticamente significantes em variáveis analisadas pela plataforma de força, exceto pelo estudo de Barcala et al.¹¹ em que os seis indivíduos do grupo experimental apresentaram redução da oscilação AP do COP, porém, na pontuação da EEB e na oscilação ML do COP, não houve diferença significativa em relação aos seis indivíduos que compuseram o grupo controle.

Os autores Goble, Cone e Fling,²⁰ realizaram uma revisão sobre o uso do Wii Fit como instrumento de avaliação do balance e reabilitação neurológica e concluíram que as intervenções com Wii Fit são efetivas, havendo evidências de aprimoramento do equilíbrio quando esse é mensurado por instrumentos como a EEB e o TUG, que avaliam o componente dinâmico. No entanto, os autores concluíram que há uma lacuna nos trabalhos científicos que avaliam a re aquisição de CP por meio da terapia virtual devido à falta de suporte estatístico convincente, já que a grande maioria dos estudos utilizou amostras pequenas de indivíduos treinados, sendo que 40% dos estudos realizados utilizaram uma amostra de cinco ou menos indivíduos.

CONCLUSÃO

Desse modo, pode-se concluir que a intervenção proposta não alterou de modo significativo as variáveis obtidas de dados coletados por meio da avaliação realizada em plataforma de força, indicando que não houve aprimoramento do CP em indivíduos com sequelas de AVE submetidos a um protocolo de terapia virtual composto por cinco jogos de equilíbrio de um videogame, porém mais estudos, com um número maior de indivíduos, deverão ser

realizados para confirmação e avaliação de escalas funcionais como a EEB e o TUG que poderão ser utilizados, já que a literatura aponta resultados significativos nessas escalas após a realização de terapia virtual. O jogo utilizado não se mostrou adequado para aprimorar o controle postural e, portanto, outros jogos deverão ser avaliados quanto à sua eficácia.

REFERÊNCIAS

1. Velasques BB, Ribeiro P. Reabilitação motora no acidente vascular encefálico: uma abordagem das neurociências. 2 ed. São Paulo: Rubio; 2013.
2. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? *Clin Rehabil.* 2000;14(4):402-6.
3. An S, Lee Y, Lee G. Validity of the performance-oriented mobility assessment in predicting fall of stroke survivors: a retrospective cohort study. *Tohoku J Exp Med.* 2014;233(2):79-87. DOI: <http://dx.doi.org/10.1620/tjem.233.79>
4. Almeida S. Análise epidemiológica do acidente vascular cerebral no Brasil. *Rev Neurocienc.* 2012;20(4):481-2.
5. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Controle motor: teoria e aplicações práticas. Barueri: Manole; 2003.
6. Oliveira CB, Medeiros IR, Frota NA, Greters ME, Conforto AB. Balance control in hemiparetic stroke patients: main tools for evaluation. *J Rehabil Res Dev.* 2008;45(8):1215-26. DOI: <http://dx.doi.org/10.1682/JRRD.2007.09.0150>
7. Barbosa AF, Costa TDA, Oliveira MFP, Castro PCG, Moreira MCS, Goroso DG, et al. Quantificação do equilíbrio pelo vídeo game: estudo piloto. *Acta Fisiatr.* 2014;21(1):21-5.
8. Gil-Gómez JA, Lloréns R, Alcañiz 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-8-30>
9. Lohse KR, Hilderman CG, Cheung KL, Tatla S, Van der Loos HF. Virtual reality therapy for adults post-stroke: a systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy. *PLoS One.* 2014;9(3):e93318. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0093318>
10. Cho KH, Lee KJ, Song CH. Virtual-reality balance training with a video-game system improves dynamic balance in chronic stroke patients. *Tohoku J Exp Med.* 2012;228(1):69-74. DOI: <http://dx.doi.org/10.1620/tjem.228.69>
11. Barcala L, Colella F, Araujo MC, Salgado ASI, Oliveira CS. Balance analysis in hemiparetic patients after training with Wii Fit program. *Fisioter Mov.* 2011;24(2):337-43. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-51502011000200015>
12. Morone G, Tramontano M, Iosa M, Shofany J, Iemma A, Musicco M, et al. The efficacy of balance training with video game-based therapy in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *Biomed Res Int.* 2014;2014:580861. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/580861>
13. Valerio Netto A, Machado LS, Oliveira MCF. Realidade virtual: definições, dispositivos e aplicações. *REIC.* 2002;1-33.
14. Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, Hall J, McIlroy W, Cheung D, et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke.* 2010;41(7):1477-84. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.584979>
15. Souza LB, Paim CRP, Imamura M, Alfieri FM. Uso de um ambiente de realidade virtual para reabilitação de acidente vascular encefálico. *Acta Fisiatr.* 2011;18(4):217-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0104-7795.20110010>
16. Halton, J. Virtual rehabilitation with video games: A new frontier for occupational therapy. *Occup Ther Now.* 2008;9(6):12-4.
17. Deutsch JE, Borbely M, Filler J, Huhn K, Guarrera-Bowly P. Use of a low-cost, commercially available gaming console (Wii) for rehabilitation of an adolescent with cerebral palsy. *Phys Ther.* 2008;88(10):1196-207. DOI: <http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20080062>
18. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther.* 1987;67(2):206-7.
19. Meldrum D, Glennon A, Herdman S, Murray D, McConn-Walsh R. Virtual reality rehabilitation of balance: assessment of the usability of the Nintendo Wii® Fit Plus. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2012;7(3):205-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.3109/17483107.2011.616922>
20. Goble DJ, Cone BL, Fling BW. Using the Wii Fit as a tool for balance assessment and neurorehabilitation: the first half decade of "Wii-search". *J Neuroeng Rehabil.* 2014;11:12. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-11-12>