

Quantificação do equilíbrio pelo videogame: estudo piloto

Balance quantification with videogame: pilot study

Alessandra Ferreira Barbosa¹, Thais Delamuta Ayres da Costa¹, Maria Fernanda Pauletti Oliveira¹, Pedro Claudio Gonsales de Castro², Maria Cecília dos Santos Moreira³, Daniel Gustavo Goroso⁴, José Augusto Fernandes Lopes⁵, Denise Vianna Machado Ayres⁶, Linamara Rizzo Battistella⁷

RESUMO

Os videogames (VG) de sétima geração propõe uma avaliação física que inclui diversos testes de equilíbrio. Porém não são reportados na literatura os parâmetros utilizados para fornecer a pontuação destes testes e se estes podem ser relacionados a prática clínica e funcionalidade do usuário. **Objetivo:** O objetivo do presente estudo foi de correlacionar as pontuações obtidas pelos testes da plataforma de equilíbrio do VG *Wii*[®] com as variáveis cinéticas fornecidas pela plataforma de força, a qual estava integrada a plataforma de equilíbrio do VG. **Método:** Participaram deste estudo piloto, dois indivíduos com diagnóstico de acidente vascular encefálico (AVE) e dois de traumatismo craniano (TCE). As variáveis cinéticas analisadas foram área, velocidade de deslocamento e valor quadrático médio da posição média (RMS) nos eixos médio-lateral (x) e antero-posterior (y) do deslocamento do centro de pressão (COP) que foram processadas pelo *software* Matlab 7.0 e correlacionadas com a pontuação do console pelo coeficiente de Pearson e Spearman, ambos com ($p < 0,05$). **Resultados:** Os resultados apresentaram correlação significativa apenas para o SL e RMSy, porém moderada ($r = 0,5839$). Quando comparada a pontuação do ST com as variáveis Área ($r = 0,8164$), RMSx ($r = -0,6418$) e RMSy ($r = -0,8094$) a correlação foi moderada a forte. **Conclusão:** Não encontrou-se correlação com nenhum dos testes do console quando comparados com a velocidade de deslocamento do centro de pressão medido na plataforma de força. Conclui-se que a pontuação do VG apresentou correlação significativa com as variáveis cinéticas, porém o método é pouco prático para ser empregado na avaliação clínica.

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

ABSTRACT

Seventh generation video games (VG) propose various balancing tests to assess stability of the user. However, the parameters used to provide the score of these tests are not reported in the literature, as well as their relation to clinical practice and user functionality. **Objective:** The objective of this study was to correlate the scores obtained by balancing tests of VG with kinetic variables provided by a force platform in simultaneous measurements. **Method:** This pilot study included two subjects with stroke and two with traumatic brain injury. Kinetic variables acquired were: area, velocity and root mean square of center of pressure position in the medial-lateral and anterior-posterior directions. Kinetic variables have been processed in Matlab 7.0[®] and correlated with the score provided by the console (balancing tests: Single-leg test -SL- and Steadiness test -ST-) using the Pearson correlation coefficient with $p < 0.05$. **Results:** A moderate correlation was found between the SL score and RMSy ($r = 0.5839$). When comparing the ST score to the variables: area ($r = 0.8164$), RMSx ($r = -0.6418$) and RMSy ($r = -0.8094$) the correlation was moderate to strong. **Conclusion:** No correlation was found with none of the tests of the console when compared with the velocity of displacement of the center of pressure measured on the force platform. It is concluded that the score of VG presented significant correlation with kinetic variables, but the method is impractical for being employed in clinical evaluation.

Keywords: Video Games, Postural Balance, Stroke, Rehabilitation

¹ Fisioterapeuta, Programa de Aprimoramento Profissional, Instituto de Medicina Física e Reabilitação do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

² Fisioterapeuta, Instituto de Medicina Física e Reabilitação do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

³ Fisioterapeuta, Diretora do Serviço de Fisioterapia do Instituto de Medicina Física e Reabilitação do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

⁴ Doutor em Física, Instituto de Medicina Física e Reabilitação do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

⁵ Engenheiro, Instituto de Medicina Física e Reabilitação do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

⁶ Fisioterapeuta Chefe, Serviço de Fisioterapia do Instituto de Medicina Física e Reabilitação do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

⁷ Livre Docente, Professora Titular da Disciplina de Fisiatria do Departamento de Medicina Legal, Ética Médica e Medicina Social e do Trabalho da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

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

Recebido em 26 de Março de 2013.

Aceito em 27 Setembro de 2013.

DOI: 10.5935/0104-7795.20140005

INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia tem influenciado não apenas o campo das ciências exatas, mas também a área da saúde. É o caso da aplicação dos ambientes virtuais (AV) na reabilitação física que utilizam como interface os videogames (VG).¹ Estes VG possibilitam aos usuários interagirem com objetos virtuais projetados em monitores, realizando performances em ambientes motivadores dotados de diferentes modalidades de *feedback*, principalmente o visual e o auditivo.² Essa nova modalidade de tratamento se tornou acessível às clínicas e centros de reabilitação a partir da popularização dos VG de sétima geração¹ que utilizam como interface uma plataforma de equilíbrio sensível à pressão, que permite ao usuário controlar personagens virtuais realizando, por exemplo, atividades aeróbicas, equilíbrio e fortalecimento muscular.³ Previamente aos jogos, o VG propõe uma avaliação do equilíbrio, pontuado por um percentual de estabilidade que é fornecido ao usuário.³

Wikstrom⁴ em estudo com 45 voluntários, correlacionou a pontuação obtida nos testes de equilíbrio do VG de sétima geração com dados clássicos de avaliação do equilíbrio convencional a fim de utilizar os testes de equilíbrio do VG como avaliação clínica. Os voluntários foram submetidos a avaliação por três testes de equilíbrio propostos pelo VG denominados *single-leg stance*, *star excursion balance test* e *Balance Error Scoring System*, e doze atividades de equilíbrio do *Wii Fit* (*Basic Balance*, *Agility*, *Walking*, *Steadiness*, *Single Leg Stance*, *Deep Breathing*, *Tree*, *Standing Knee*, *Palm Tree*, *Single-leg Extension*, *Single-Leg Twist*, and *Sideways Leg Lift*). Os resultados destes testes de equilíbrio do VG demonstraram uma fraca correlação com os testes convencionais. Isto demonstra que provavelmente, a avaliação do equilíbrio pelos testes do VG não seja a mais indicada na prática clínica.

Em estudo recente, Heise⁵ avaliou os escores obtidos por duas posturas de um jogo de Yoga no qual os voluntários permaneciam em apoio unipodálico mantendo a postura ortostática. Foram avaliados 29 voluntários instruídos a realizar as posturas propostas pelo jogo do VG, onde a plataforma do videogame estava posicionada sobre uma plataforma de força. As variáveis relacionadas ao Centro de Pressão (COP) foram então correlacionadas com os escores obtidos pelo jogo. Também neste estudo encontrou-se que o jogo não poderia ser utilizado como medida válida para avaliação do equilíbrio.

Apesar de a literatura apontar alguns estudos que investigam o desempenho dos usuários de VG que usam plataforma de equilíbrio,^{4,5} não é reportado na literatura se a avaliação do equilíbrio proposta pelo VG é baseada em parâmetros cinéticos validados, deixando dúvidas se o percentual de estabilidade fornecido pelo VG realmente representa uma estimativa do controle postural dos usuários. Desta forma surgiu a motivação do presente estudo.

Com os resultados obtidos, será possível compreender se a pontuação fornecida pelos testes de equilíbrio do VG pode ser utilizada como avaliação clínica para auxiliar os profissionais da saúde, por exemplo, a quantificar o equilíbrio de pacientes com complicações ortopédicas e neurológicas.

OBJETIVO

Dessa forma o objetivo do presente estudo foi de correlacionar as pontuações obtidas pelos testes de equilíbrio com a plataforma do VG e as variáveis cinéticas fornecidas por uma plataforma de força.

MÉTODO

Participantes

Este estudo teve aprovação do comitê de ética do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP) recebendo parecer favorável nº 5954.

Participaram deste estudo piloto quatro voluntários, dois com acidente vascular encefálico (AVE) e dois com traumatismo crânio encefálico (TCE) que apresentavam mais de um ano de lesão e faziam parte do programa de reabilitação física do Instituto de Medicina Física e Reabilitação do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (IMREA - HC/FMUSP). O estudo preconizou avaliar o equilíbrio de indivíduos com diferentes diagnósticos clínicos, mas que tivesse em comum alterações no controle da postura.

Os critérios de exclusão foram tônus superior a 1+ na escala de Ashworth modificada⁶ nos músculos solear, gastrocnêmio, tibial anterior, quadríceps e ísquios tibiais, considerados músculos de grande importância para a manutenção do equilíbrio e controle postural; possuísem força muscular menor que grau 3 nos músculos citados; atrofia e deformidades em membros

inferiores que limitem 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 cerebelar ou do sistema vestibular; obesidade.

Protocolo experimental

Anteriormente a realização do protocolo experimental foi realizada a avaliação clínica.

Para o experimento, utilizou-se o VG *Wii*® da Nintendo, que é composto pelo console, um controle manual sem fio e da plataforma de equilíbrio denominada *balance board* (Figura 1). Os dois últimos componentes citados são os responsáveis por realizar a interface entre o homem e o AV. Para o presente estudo não foi utilizado o controle remoto sem fio (Figura 1, B) como ferramenta terapêutica e sim para acesso ao *menu* do VG.

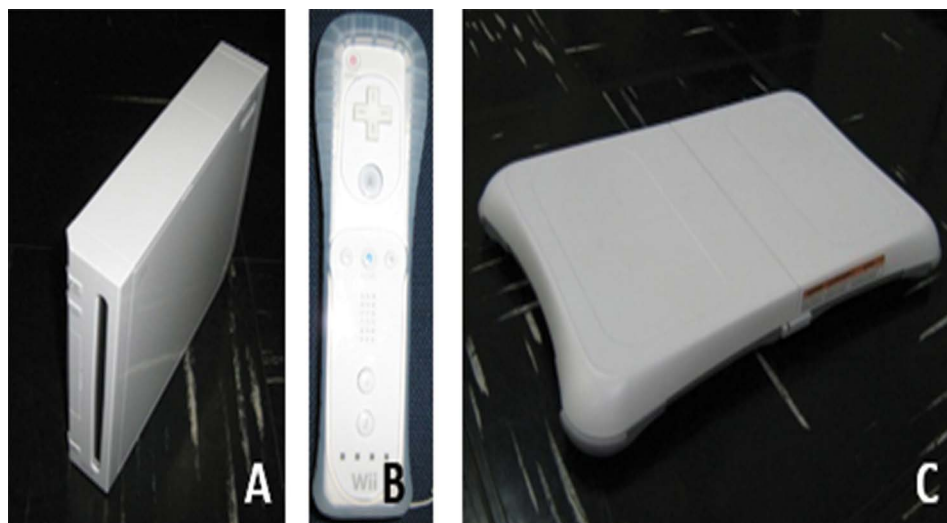
A plataforma de equilíbrio do VG (Figura 1, C) esta conectada ao console (Figura 1, A), por *bluetooth*.

O próprio VG propõe uma avaliação do equilíbrio por meio de alguns testes, sugeridos aleatoriamente. São eles: *basic balance test*, *walking test*, *agility test*, *single leg test* e *steadiness test*. Para este estudo, optou-se por correlacionar apenas o resultado do *Steadiness test* (ST) e do *Single Leg Test* (SL) com apoio bipodálico, uma vez que fornecem um percentual de estabilidade. Estes percentuais não são esclarecidos pelo fabricante como são quantificados, além de não serem conhecidos quais os parâmetros em que VG se baseia.

O SL propõe avaliar o equilíbrio médio-lateral em apoio unipodálico. O teste é interrompido se a trajetória ultrapassa os limites de referência apresentados. Como resultado, o VG fornece um percentual de estabilidade. Para este estudo utilizaremos este teste com apoio bipodálico (Figura 2).

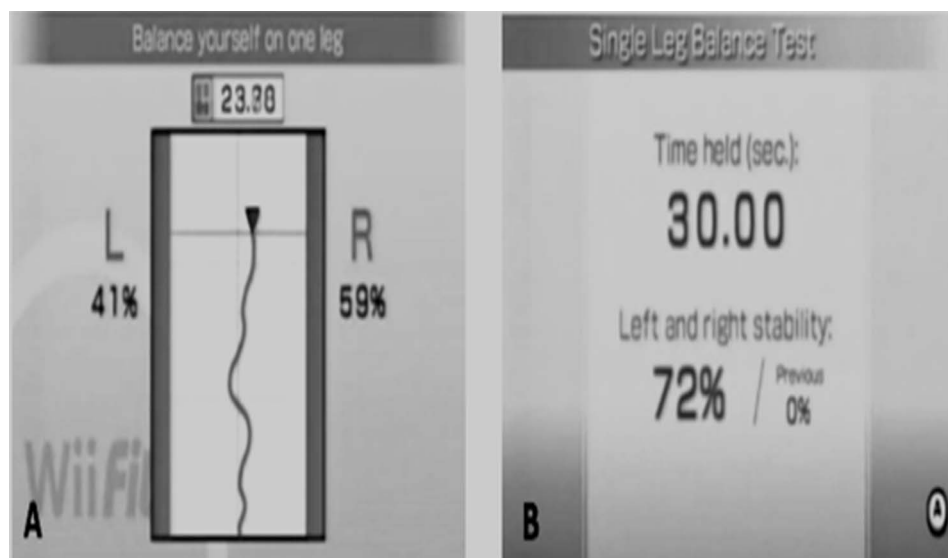
O ST, realizado em apoio bipodálico tem por objetivo avaliar o equilíbrio médio-lateral e antero-posterior tentando manter a trajetória do COP no centro da referência fornecida em um cruzamento de linhas; após 10 segundos do teste o cruzamento se move pela tela e após 20 segundos, torna-se oculto tanto a referência quanto o ponto representativo do COP (Figura 3).

A plataforma de equilíbrio do VG foi posicionada milimetricamente sobre o centro da plataforma de força AMTI, permanecendo o maior eixo da plataforma de equilíbrio do VG paralelo ao eixo y e perpendicular ao



A: Console do VG; B: Controle manual; C: Balance board

Figura 1. Componentes do videogame



A: Imagem exibida durante a realização do teste com a trajetória do COP para o lado direito (R) e esquerdo (L); B: Resultado, tempo e percentual de estabilidade do ST

Figura 2. Single leg test

eixo x. Deste modo, o eixo x forneceu a trajetória do COP no plano antero-posterior e o eixo y no médio-lateral. O televisor de 29 polegadas foi posicionado a 2 metros do centro das plataformas e centralizado com as mesmas (Figura 4). Para a segurança do voluntário, as laterais das plataformas foram revestidas com colchonetes e um terapeuta estava sempre de prontidão ao lado do voluntário para evitar possíveis quedas.

Conforme o esquema da Figura 4, os participantes foram orientados a permanecer em bipedestação sobre a plataforma de equilíbrio do VG e realizar os testes de equilíbrio conforme instruído pelo VG, visualizado no aparelho televisor. A captação das variáveis cinéticas pela plataforma de força era iniciada e encerrada de acordo com o início e fim do teste, que eram anunciados por sinais sonoros

emitidos pelo VG. Foram realizadas três tentativas para cada um dos testes (ST, SL). O percentual de estabilidade do VG, fornecido no final de cada jogo era anotado pelos pesquisadores. Já os dados da plataforma de força AMTI, foram armazenados e posteriormente processados.

Os dados da plataforma de força foram coletados a uma frequência de 200 Hz e subamostrados em 100 Hz. Os dados brutos da posição do COP para cada eixo foram submetidos a um filtro passa-baixa de segunda ordem, criticamente amortecido, com frequência de 1050 Hz e armazenados em uma planilha no *software Excel*[®]. Por fim, para o cálculo matemático, utilizou-se o *software Matlab 7.0* (Mathworks, Inc), onde, por rotinas próprias, obteve-se a área, velocidade média (VM) e valor quadrático médio, conhecido na literatura como *Root Mean Square (RMS)* da posição nas direções médio-lateral (x) e antero-posterior (y).

Análise Estatística

Para a análise estatística utilizou-se o teste de correlação linear de Pearson, adotando nível de significância $p < 0,05$. Os dados foram quantificados pelo *software Matlab 7.0*[®].

RESULTADOS

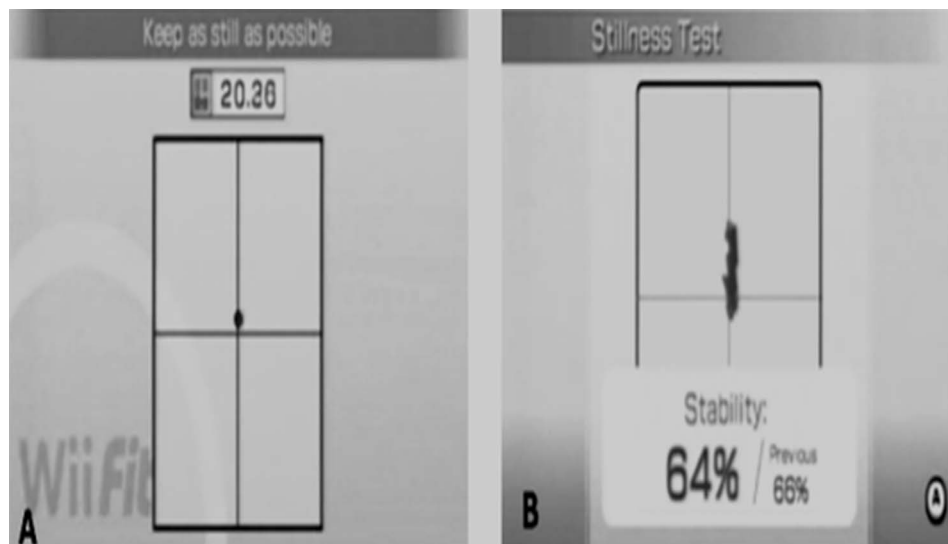
Os dados da avaliação clínica dos participantes estão descritos na Tabela 1.

Na Tabela 2, são apresentados os resultados obtidos pelos testes de correlação.

Nos resultados do SL, apenas o RMSy apresentou correlação significativa, porém moderada. Já no ST, variáveis Área, RMSy e RMSx foram significativas e apresentaram correlação de moderada a forte.

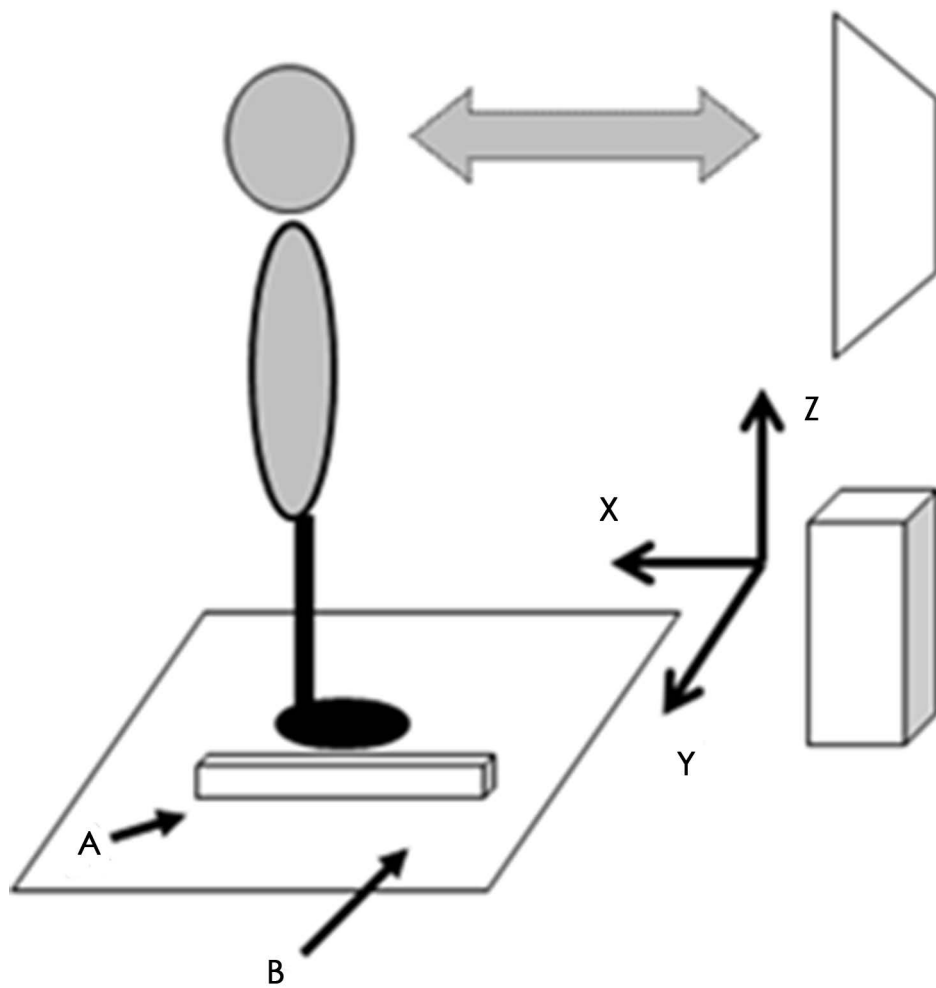
DISCUSSÃO

Vários autores realizaram estudos a fim de compreender o que é o controle postural e o que as variáveis cinéticas indicam na avaliação deste. Shumway-Cook⁷ define que a estabilidade postural, ou seja, o equilíbrio do corpo é definido como a capacidade de manter o centro de massa projetado dentro dos limites da base de apoio, denominados limites da estabilidade. É de conhecimento que a conservação do equilíbrio mesmo na postura estática é um processo dinâmico que envolve a ação de diversas forças musculares e que a projeção vertical dessas forças recai sobre o COP. Com base nesses conceitos, as variáveis



A: Imagem exibida durante a realização; B: Resultado do ST

Figura 3. Steadiness test



A: plataforma de equilíbrio do VG; B: Plataforma de força AMTI

Figura 4. Esquema do posicionamento do voluntário de acordo com o sistema de referências do Laboratório de Movimento (x, y e z)

cinéticas relativas ao COP tornam-se medidas relevantes de avaliação da estabilidade postural. Quando observa-se aumento da oscilação do COP menor é a estabilidade postural uma vez que mais próximo se está do limite de estabilidade.

Em relação aos achados deste estudo, para o controle da postura, observado pelo uso da plataforma de equilíbrio do VG sobre a plataforma de força, foi possível constatar para o teste de equilíbrio SL correlação moderada com a variável RMSy e para o ST as variáveis área, RMSy e RMSx apresentaram correlação de moderada a forte. Com as outras variáveis da velocidade e comprimento do deslocamento do COP não se observou correlação significativa. Uma das possíveis razões para estes achados é de ter sido utilizado o teste com apoio bipodálico ao invés do apoio unipodálico, como era recomendado pelo VG. A posição em bipedestação bipodálica pode ter fornecido maior estabilidade.

O RMS é descrito quanto a sua relação com a efetividade do sistema de controle postural, o que significa ao nível de estabilidade atingida pelas ativações do sistema muscular.⁸ Segundo Cornilleau-Peres⁹ as medidas de RMS são relacionadas com a amplitude do deslocamento que influenciam diretamente o cálculo da área do deslocamento do centro de pressão. Pode-se observar que nos dois testes de equilíbrio avaliados neste estudo a principal correlação encontrada foi com o RMS. Em termos da análise cinética pode-se dizer que essa correlação indica que o resultado obtido pelo VG tem como base o nível de estabilidade atingido pelo sistema de controle postural o que justifica o nome dado para o resultado do teste: % Estabilidade.

A literatura aponta alguns estudos que correlacionam as pontuações de testes ou exercícios do VG utilizado no presente estudo com outras formas tradicionais de avaliação do equilíbrio. Heise et al.⁵ encontraram resultados parecidos com os obtidos neste estudo ao avaliar a pontuação de posturas de Yoga, porém a correlação com o RMS não era forte o suficiente para permitir que o teste fosse usado como avaliação do equilíbrio. De maneira semelhante, Wikstrom⁴ correlacionou as pontuações de alguns teste e atividades do *Wii*[®] com outros testes convencionais do equilíbrio e não encontrou correlação significativa entre os resultados e entre os grupos de indivíduos saudáveis e os que apresentavam histórico de lesão de membros inferiores, concluindo que o VG não é um instrumento confiável.

Tabela 1. Características dos voluntários

Sexo	Idade	Altura	Peso	Diagnóstico clínico	Diagnóstico funcional	Tempo de lesão
F	53	1,59	91,5	AVEI	Hemi à E	2a
M	37	1,70	73,8	TCE	Hemi à D	7a e 9m
M	24	1,74	66,5	AVEI	Hemi à E	4a
M	33	1,79	89,4	TCE	Hemi à D	1a e 5m
Md	36,75 (24-53)	1,705 (1,59-1,79)	80,3 (66,5-91,5)	2 AVEI 2 TCE	2 Hemi D 2 Hemi E	1a5m - 7a9m

F: Sexo feminino; M: Sexo masculino; AVEI: Acidente vascular encefálico isquêmico; TCE: Traumatismo crânio-encefálico; HEMI: Hemiparesia; E: Esquerda; D: Direita; a: Anos; m: Meses, Md: Média

Tabela 2. Resultado dos testes de correlação

R	Área	VMx	VMY	RMSx	RMSy
Pontuação SL	- 0,4545	0,3135	0,0979	- 0,4056	- 0,5839*
Pontuação ST	- 0,8164*	0,157	0,3229	- 0,6418*	- 0,8094*

SL: Single-leg test; ST: Steadiness test, * Resultados significativos $p < 0,05$

Apesar de ter sido encontrado resultados significativos com a pontuação dos testes do VG e a variável RMS do COP, a aplicação do mesmo como instrumento de avaliação do equilíbrio clínico ou científico é questionável, uma vez que o pequeno número de participantes avaliados bem como o de sessões forneceu poucos dados para análise estatística.

Por fim, a maneira como os testes são disponibilizados pelo VG tornam o ST e o SL pouco aplicáveis, por colocar os avaliadores na dependência da seleção do teste, visto que a ordem de seleção dos testes de equilíbrio é randomizada pelo próprio VG. Portanto, o uso da plataforma de equilíbrio do VG, associada a *softwares* criados especificamente para a finalidade de avaliar e tratar o equilíbrio, como realizaram Young et al.,¹⁰ Clark et al.,¹¹ Gil-Gómez et al.¹² continuam sendo mais recomendados.

Outros estudos são necessários para dar continuidade a esta pesquisa, com maior número

de voluntários, com populações distintas e que contemplem também os outros testes disponibilizados pelo VG.

CONCLUSÃO

Conclui-se por este estudo que por todas as variáveis cinéticas observadas nos dois testes investigados a variável RMS do COP apresentou correlação significativa de moderada a forte para os testes de equilíbrio do VG.

Todavia, aplicação clínica é ineficiente pelo fato do VG escolher os testes aleatoriamente, o que torna pouco prático sua aplicação na reabilitação.

REFERÊNCIAS

1. Halton J. Virtual rehabilitation with video games: A new frontier for occupational therapy. *Occup Ther Now*. 2007;9(6):12-4.

2. Rand D, Kizony R, Weiss PT. The Sony PlayStation II EyeToy: low-cost virtual reality for use in rehabilitation. *J Neuro Phys Ther*. 2008;32(4):155-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/NPT.0b013e31818ee779>
3. Eng K, Siekierka E, Pyk P, Chevrier E, Hauser Y, Cameirao M, et al. Interactive visuo-motor therapy system for stroke rehabilitation. *Med Biol Eng Comput*. 2007;45(9):901-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11517-007-0239-1>
4. Wikstrom E. Validating Wii Fit Balance Scores [text on the Internet]. Greenville: Mid-Atlantic Athletic Trainers Association (District 3); c2011[cited 2011 Out 07]. Available from: <http://maata.shuttlepod.org>
5. Heise GD, Smith JD, Leich A, Kneisel K, Hoke M. Force platform center of pressure measures used to predict nintendo wii fit balance scores during yoga poses [text on the Internet]. Long Beach: American Association of Biomechanics; c2011 [cited 2011 Out 07]. Available from: <http://www.asbweb.org/conferences/2011/pdf/180.pdf>
6. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther*. 1987;67(2):206-7.
7. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Controle motor: teoria e aplicações práticas. São Paulo: Manole, 2003.
8. Mezzarane RA, Kohn AF. Postural control during kneeling. *Exp Brain Res*. 2008;187(3):395-405. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-008-1308-x>
9. Cornilleau-Pérès V, Shabana N, Droulez J, Goh JC, Lee GS, Chew PT. Measurement of the visual contribution to postural steadiness from the COP movement: methodology and reliability. *Gait Posture*. 2005;22(2):96-106. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.07.009>
10. Young W, Ferguson S, Brault S, Craig C. Assessing and training standing balance in older adults: a novel approach using the "Nintendo Wii" Balance Board. *Gait Posture*. 2011;33(2):303-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.10.089>
11. Clark RA, McGough R, Paterson K. Reliability of an inexpensive and portable dynamic weight bearing asymmetry assessment system incorporating dual Nintendo Wii Balance Boards. *Gait Posture*. 2011;34(2):288-91. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.04.010>
12. 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>