

# EFEITOS DA UTILIZAÇÃO DE UM TREINAMENTO COM REALIDADE VIRTUAL SOBRE A FORÇA MUSCULAR DE MMII, A PROPRIOCEPÇÃO, O EQUILÍBRIO E A MARCHA EM INDIVÍDUOS IDOSOS: UM ESTUDO DE CASO

EFFECTS OF THE VIRTUAL REALITY TRAINING ON MUSCULAR STRENGTH OF LL, PROPRIOCEPTION, BALANCE AND GAIT IN ELDERLY INDIVIDUALS: A CASE STUDY

EDUARDO TANURI PASCOTINI<sup>1</sup>, ARTHIESE KORB<sup>2\*</sup>

1. Acadêmico do curso de pós-graduação do curso de Especialização em Fisioterapia Traumato-Ortopédica da UNINGÁ-SM; 2. Professora Doutora Arthiese Korb, do curso de Especialização em Fisioterapia Traumato-Ortopédica da UNINGÁ-SM.

\* Rua Morom, 2664/803, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. CEP: 99010-035. [arthi.korb@gmail.com](mailto:arthi.korb@gmail.com)

Recebido em 20/03/2017. Aceito para publicação em 04/04/2017

## RESUMO

Exercícios físico-motores com objetivos preventivos são cada vez mais utilizados, principalmente pela população idosa, visando à manutenção e/ou melhora nas condições básicas de vida como a deambulação, que se deterioram com o envelhecimento. A fisioterapia apresenta diversos recursos e técnicas para a realização destes exercícios e a Realidade Virtual (RV) vem se mostrando uma interessante alternativa nesse sentido. Por isso o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos de um trabalho preventivo com RV sobre a força muscular de MMII, a propriocepção, o equilíbrio e a marcha de um indivíduo idoso. Para tal foram utilizados testes que envolvem estas capacidades (Escala de Berg, Teste Tinetti, Sit-To-Stand Test, Star Excursion Balance Test) pré e pós-intervenção com o console Nintendo Wii® e seus periféricos em um período de 3 meses. Após o período experimental observou-se melhora em todos os testes aplicados, demonstrando assim um potencial deste sistema como recurso terapêutico alternativo e complementar à fisioterapia convencional ao atuar no desenvolvimento de valências motoras essenciais para a qualidade de vida dos indivíduos, especialmente dos idosos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Realidade virtual, envelhecimento, exercícios preventivos.

## ABSTRACT

Physical exercises with preventive goals are increasingly used, especially by the elderly population, aiming at the maintenance and/or improvement in the basic living conditions as the ambulation, which deteriorate with age. Physical therapy offers a variety of resources and techniques for achieving these exercises and Virtual reality (VR) has been showing an interesting alternative in this sense. So the aim of this study

was to analyze the effects of a preventive work with VR on muscular strength of LL, proprioception, balance and gait of an elder subject. For this we used tests that involve these abilities (Berg, Tinetti, Sit-To-Stand Test, Star Excursion Balance Test) pre and post-intervention with Nintendo Wii® console and its peripherals in a period of 3 months. After the trial period showed improvement in all tests applied, thus demonstrating the potential of this system as an alternative and complementary therapeutic to conventional physiotherapy to act in developing motor skills essential to individuals quality of life, especially the elderly.

**KEYWORDS:** Virtual reality, ageing, prevent exercises.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o envelhecimento, alterações morfológicas e funcionais no sistema nervoso central e periférico dos indivíduos resultam em diminuição de força muscular, propriocepção, mobilidade e equilíbrio, devido à presença de doenças e à progressiva imobilidade. Desta forma a funcionalidade e a capacidade de deambular das pessoas acabam sendo afetadas gradualmente. (SEIDLER *et al*, 2010). Segundo a American College of Sports (2009), “a atividade física é reconhecidamente benéfica quando se trata de ganho funcional na população idosa, provendo uma melhora na saúde geral”.

As intervenções preventivas têm um importante papel, principalmente junto à população idosa, buscando manter e/ou melhorar as capacidades funcionais e a independência da mesma. (CLARK; SIEBENS, 2002). O fisioterapeuta é um profissional capaz de trabalhar desde a atenção preventiva até à reabilitação, buscando, através de uma relação terapêutica, promover,

aperfeiçoar ou adaptar os indivíduos a uma melhor qualidade de vida, (APTA, 2008) e para tal utiliza-se de técnicas e recursos específicos da profissão como cinesioterapia, técnicas manipulativas, eletroterapia, crioterapia, entre outras. (O'SULLIVAN; SCHMITZ, 2001).

A utilização da realidade virtual (RV) com jogos interativos (videogames, jogos específicos, ferramentas especializadas, etc.) como complemento na reabilitação fisioterapêutica tem sido cada vez mais frequente, assim como aumentou seu foco de estudos desde os anos 90, e o número de publicações na área cresceu consideravelmente nos últimos anos (de BRUIN *et al.*, 2010. SCHIAVINATO *et al.*, 2010. CAMEIRÃO *et al.*, 2012. PUNT *et al.*, 2015). A RV possibilita a prática de atividades em um ambiente rico, seguro e desafiador, favorecendo o aprendizado motor através da neuroplasticidade (LEVIN, 2011), sendo considerada uma estratégia interessante como complemento para intervenção fisioterapêutica tradicional (GUDERIAN, 2010). Estudos sugerem que o exercício realizado com RV em pacientes idosos promovem melhoras na mobilidade, força muscular de MMII, capacidade cognitiva, equilíbrio, funcionalidade, tempo de reação e ajuda a prevenir quedas. (BISSON, 2007. MAILLOT; PERROT; HARTLEY, 2012. RENDON *et al.*, 2012. JORGENSEN *et al.*, 2013. DUQUE *et al.*, 2013).

Assim, para diminuir as mudanças negativas e melhorar as condições de vida de idosos, deve-se enfatizar o treinamento motor intenso, repetitivo e desafiador que envolva coordenação dos MMSS e MMII, ajustes de postura e equilíbrio, força muscular e deambulação, para estimular a plasticidade neural. (HEUNINCKX; WENDEROTH; SWINNEN, 2008). Existem inúmeras técnicas e recursos fisioterapêuticos para se alcançar tais objetivos, entretanto os exercícios com RV podem otimizar o aprendizado e treinamento motor por combinar demandas físico-motoras e cognitivas de um modo atrativo e interativo, motivando os jogadores a manterem-se atentos às respostas do jogo e não tanto nos movimentos corporais em si. (van DIEST *et al.*, 2013).

O Nintendo Wii® trata-se de um console de mesa interativo que possui recursos e softwares que podem ser manuseados, ou com um controle sem fio ou com uma plataforma (balance board), que simulam exercícios praticados na fisioterapia convencional como os exercícios proprioceptivos, descarga de peso, marcha estacionária, entre outros, com a adição do elemento de RV e do feedback visual imediato. (SCHIAVINATO *et al.*, 2010).

Tendo em vista tais possibilidades, o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos de um trabalho preventivo com RV, utilizando o Nintendo Wii®, sobre a força muscular de MMII, a propriocepção, o equilíbrio e a marcha de um indivíduo idoso.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa caracterizou-se como um estudo de

caso com a participação de um indivíduo idoso, sem patologias neurológicas. A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Santa Maria – RS e aprovada pelo comitê de ética local sob o parecer 182.734/13 e o participante concordou e assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os critérios de inclusão foram: concordância e assinatura do TCLE, capacidade de deambular, não possuir nenhuma patologia neurológica, capacidade de comunicação e entendimento mínimas (avaliados pelo teste Mini-Mental de Folstein) (FOLSTEIN; FOLSTEIN; MCHUGH, 1975), enquanto os critérios de exclusão constituíram-se de incapacidade de pôr-se e manter-se em posição ortostática, incapacidade de deambular, apresentar alguma patologia neurológica, incapacidade de comunicação e entendimento mínimas (avaliados pelo teste Mini-Mental de Folstein). (FOLSTEIN; FOLSTEIN; MCHUGH, 1975).

O sujeito do estudo caracterizou-se como idoso, 73 anos, do sexo masculino, hemicorpo direito predominante, que realizava caminhadas leves de vinte (20) minutos, duas (2) vezes por semana.

A pesquisa foi realizada através de uma avaliação inicial (AI), uma intervenção (I) e uma avaliação final (AF). A AI e AF consistiram na aplicação de testes que envolvem as variáveis estudadas nesta pesquisa, sendo eles: a Escala de Equilíbrio de Berg (MYAMOTO *et al.*, 2004), o teste Tinetti de equilíbrio e de marcha (TINETTI *et al.*, 1994), o sit-to-stand test (STST) (CSUKA; McCARTY, 1985) e o Star Excursion Balance Test (SEBT) (HERTEL *et al.*, 2006).

**Tabela 1.** Linha experimental demonstrando o processo de avaliação e intervenção.

| AI      | Intervenção               | AF      |
|---------|---------------------------|---------|
| Testes: | Exercícios com RV         | Testes: |
| Berg    | 3 meses – 22 sessões      | Berg    |
| Tinetti | 2x/semana – 35min./sessão | Tinetti |
| SEBT    |                           | SEBT    |
| STST    |                           | STST    |

O teste de equilíbrio de Berg é composto de 14 tarefas, onde em cada uma é possível obter uma pontuação de 0 a 4 pontos, tendo uma soma final de 56 pontos. Importante lembrar que um escore menor que 36 pontos é considerado como risco de quedas. (MYAMOTO *et al.*, 2004).

O teste Tinetti é dividido em duas partes: equilíbrio e marcha. O teste de equilíbrio apresenta uma soma total de 16 pontos obtidos através de nove (9) tarefas, enquanto o teste de marcha apresenta uma soma total de 12 pontos distribuídos em sete (7) tarefas. A Figura 2 demonstra os resultados obtidos no teste Tinetti em suas duas partes, além da soma total. (TINETTI *et al.*, 1994).

O STST avalia a força muscular de MMII de uma forma bem simples, onde o indivíduo deve sentar-se e levantar-se de uma cadeira quantas vezes conseguir dentro de um período de 30 segundos. O número de vezes que repete o procedimento é computado.

(CSUKA; McCARTY, 1985).

O SEBT é um teste utilizado para mensuração de equilíbrio dinâmico e propriocepção, onde o sujeito mantém-se em apoio unilateral de MMII sobre uma figura montada no chão com fita adesiva que aponta para todas as direções. Com as mãos apoiadas na cintura o indivíduo deve tocar com o membro inferior contralateral o mais longe possível a fita na direção pedida. Foram realizadas medidas com os dois MMII, nas seguintes direções: anterior (ANT), póstero-medial (PM) e póstero-lateral (PL). (HERTEL *et al*, 2006). As medições não foram contabilizadas se o sujeito retirasse o membro de apoio do solo, se descarregasse peso excessivo no membro de alcance, tocasse o solo com o membro contralateral por tempo demasiado ou perdesse completamente o equilíbrio. Três medidas para cada teste foram realizadas e a média de cada uma delas foi considerada. (GRIBBLE; HERTEL, 2003).

A intervenção foi realizada com o Nintendo Wii® e seus recursos e softwares, sendo eles os controles de movimento sem fios (Wii remote®) e a plataforma de força (Wii Balance Board®), além dos jogos específicos que abordam as variáveis físico-motoras estudadas neste trabalho. Sendo assim os jogos escolhidos foram: Soccer Heading, Penguin Slide, Table Tilt, Step e Obstacle Course. Este grupo de jogos engloba os movimentos pretendidos neste protocolo preventivo como a flexão/extensão, inclinações e rotações de tronco, descargas de peso laterais/diagonais e anteroposteriores, treino de marcha estacionária, subida e descida de degraus, flexão/extensão de quadril, joelho e tornozelo, de forma global e/ou fracionada.

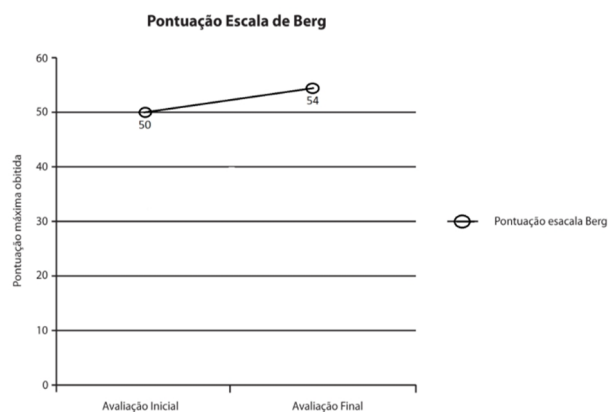
O sujeito da pesquisa participou da intervenção durante 3 meses, totalizando 22 sessões de exercícios com duração de 35 minutos cada, onde realizou diversas ações motoras jogando repetidas vezes os jogos citados anteriormente.

A coleta de dados foi realizada no laboratório de cinesioterapia da UFSM – Santa Maria, devidamente autorizado, através do preenchimento das fichas dos protocolos de avaliação aplicadas a esta pesquisa.

### 3. RESULTADOS

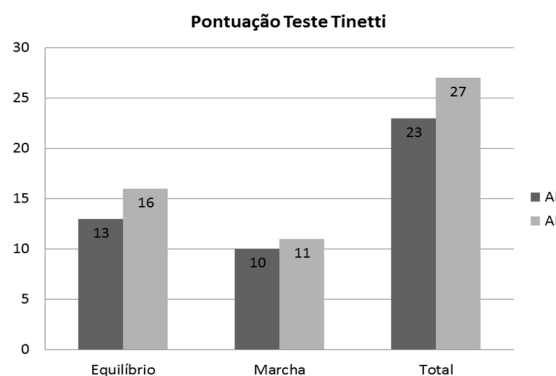
Inicialmente o sujeito da pesquisa realizou o teste Mini-Mental de Folstein como parte dos critérios de inclusão e exclusão tendo alcançado uma pontuação de 29/30, sendo este um escore considerado alto e superior ao necessário (24/30), possibilitando ao indivíduo a participação no estudo e revelando que o mesmo possui uma ótima capacidade cognitiva.

Após as etapas do processo experimental do estudo (AI, I e AF), os seguintes resultados puderam ser observados: A Figura 1 aborda a comparação da pontuação obtida na Escala de equilíbrio de Berg no início e final do tratamento, onde, apesar de o resultado inicial já ter sido considerado alto, observamos um aumento na pontuação de 50/56 para 54/56, o que indicou um aprimoramento de 8% entre as avaliações.



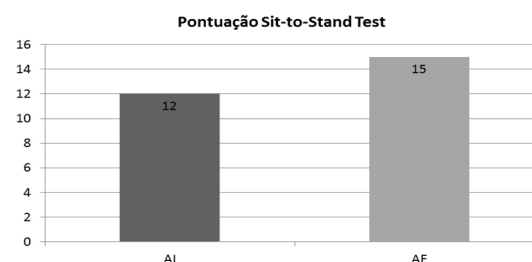
**Figura 1.** Resultados da Escala de Equilíbrio de Berg onde o eixo Y representa as pontuações obtidas e o eixo X representa os períodos de avaliação.

Na Figura 2 estão demonstrados os resultados no teste Tinetti. Observou-se melhora tanto no teste Tinetti Equilíbrio (13/16 na AI e 16/16 na AF) quanto no teste Tinetti Marcha (10/12 na AI e 11/12 na AF), e consequentemente um aumento no teste Tinetti Total de 23/28 na AI para 27/28 na AF. Dessa forma representa-se uma melhora de 7% nos valores totais do teste.



**Figura 2.** Resultados do Teste Tinetti: Equilíbrio, Marcha e Total. O eixo Y as pontuações obtidas no teste e o eixo X representa os testes de avaliação. AI - Avaliação Inicial. AF - Avaliação Final.

Na Figura 3 estão demonstrados os resultados obtidos nesta pesquisa com o STST, sendo que na AI o sujeito da pesquisa alcançou uma pontuação de 12 repetições, contra 15 repetições na AF. Uma melhora final de 25% entre as avaliações.



**Figura 3.** Resultados do STST. O eixo Y as pontuações obtidas no teste e o eixo X os períodos de avaliação. AI - Avaliação Inicial. AF - Avaliação Final.

Na Tabela 1 observamos os resultados referentes ao

SEBT durante o período experimental com os dois MMII. Em todas as direções e com os dois MMII foi possível observar melhora nos resultados do sujeito da pesquisa, sendo o resultado mais expressivo a direção Anterior (ANT) com o MMI esquerdo passando de 53,6 cm na AI para 59,2 cm na AF.

**Tabela 1.** Resultados do Star Excursion Balance Test (SEBT). Expressos em centímetros.

| Descarga de Peso no MID |      |      |
|-------------------------|------|------|
| Direção da Medida       | AI   | AF   |
| ANT                     | 53,6 | 59,2 |
| PM                      | 78,3 | 81,2 |
| PL                      | 74,7 | 77,5 |

| Descarga de Peso no MIE |      |      |
|-------------------------|------|------|
| Direção da Medida       | AI   | AF   |
| ANT                     | 49,5 | 55,6 |
| PM                      | 74,2 | 76,5 |
| PL                      | 69,3 | 72,6 |

**Legendas:** MID – Membro Inferior Direito; MIE – Membro Inferior Esquerdo; ANT – Anterior; PM – Pósterio-Medial; PL – Pósterio-Lateral.

#### 4. DISCUSSÃO

A população idosa está crescendo significativamente, e consequentemente, as necessidades de atendimento para este público. As atividades preventivas são de extrema importância neste contexto, pois as afecções em geral e a imobilidade crônica, características desta parcela da população, acabam afetando suas capacidades funcionais básicas, e assim sua qualidade de vida. Para tal se faz cada vez mais necessário o trabalho de valências físico-motoras que influenciam estas capacidades motoras, tais como a força muscular, a propriocepção, o equilíbrio e a própria marcha. (MOLINA *et al*, 2014).

Mundialmente está crescendo o uso de terapias alternativas para que se possam criar ambientes novos de reabilitação e treinamento. Estes têm por objetivo propiciar experiências novas, distintas das tradicionais, na busca da recuperação ou promoção da saúde. A RV tem se destacado nesse sentido por ser capaz de criar um ambiente rico em possibilidades terapêuticas, além de sua capacidade de entretenimento ao mesmo tempo. (POMPEU *et al*, 2012).

O primeiro resultado que observamos neste estudo foi em relação à Escala de Berg, demonstrando uma melhora no equilíbrio do sujeito da pesquisa, capacidade está diretamente relacionada com a marcha, manutenção da posição ortostática e capacidade para evitar quedas. Franco e seus colaboradores (2012), realizaram um estudo com 32 idosos com Nintendo Wii Fit durante 3 semanas e observaram melhoras no equilíbrio pré e pós intervenção através da Escala de Berg. Na mesma linha, outros estudos também observaram os mesmos resultados em relação a esta capacidade funcional pela Escala de Berg. (LAVER *et al*, 2012. BYERLA; DOLD, 2013). Porém, nestes mesmos estudos, quando comparadas as intervenções com RV em relação à Fisioterapia Convencional os resultados não

demonstraram diferenças significativas.

O teste Tinetti é dividido em equilíbrio e marcha, sendo que o resultado positivo do primeiro, onde o sujeito desta pesquisa demonstrou melhora na AF corrobora com o resultado observado na Escala de Berg e o visto nos estudos citados anteriormente. Ainda assim no estudo de Pluchino e colaboradores (2012), com 40 idosos, os pesquisadores observaram uma melhora significativa no equilíbrio, após uma intervenção com o Nintendo Wii, através do teste Tinetti. E neste mesmo estudo foi observada uma melhora significativa entre pré e pós-intervenção no teste Tinetti marcha, o que vai ao encontro dos achados nesta pesquisa.

A terapia por RV realizada com Nintendo Wii encoraja os pacientes, através de sua interatividade e feedback visual imediato, a se esforçarem para executar bem as jogadas, aumenta a força muscular com consequente melhora dos movimentos e da coordenação motora, estimula a atividade cerebral, aumenta a capacidade de concentração e do equilíbrio (ROSS *et al*, 2010), sendo que um bom equilíbrio dá ao indivíduo uma maior segurança em realizar atividades de vida diária e laborais, além de ser fundamental para a realização da marcha. (DEUTSCH *et al*, 2008).

Um estudo com 58 idosos avaliou a força muscular de MMII antes e após um programa de exercícios tradicionais e com o Nintendo Wii, através dos testes de contração voluntária máxima e o STST. Após dez semanas de intervenção, os pesquisadores encontraram melhoras significativas em ambos os testes utilizados dentro do grupo pré e pós-intervenção com Nintendo Wii e o grupo com exercícios clássicos, porém não encontraram relações significativas entre os dois protocolos de exercícios. (JORGENSEN *et al*, 2013). Neste estudo, o resultado do STST demonstrou uma melhora na força muscular de MMII dos indivíduos após os exercícios com RV. A força muscular exerce papel fundamental nas capacidades funcionais dos indivíduos, atuando sobre o controle dinâmico e estático da postura, o equilíbrio, a marcha e os movimentos ativos e reativos, principalmente combinada à propriocepção. (KIM *et al*, 2014).

O senso de posicionamento, ou propriocepção, são sinais dos mecanorreceptores, localizados nas articulações, músculos, tendões e na pele, essenciais para o controle neural dos movimentos (Dietz, 2002), e a perda de capacidade proprioceptiva pode afetar o controle do tônus muscular, os reflexos posturais e interferir nos aspectos espaciais e temporais do movimento. (Rossignol *et al*, 2006). Observamos, nesta pesquisa, uma melhora nesta capacidade através do SEBT, principalmente quando a descarga de peso foi sobre o MID, membro dominante do indivíduo do estudo. Um estudo com 45 sujeitos com histórico de lesões em MMII demonstrou uma significativa melhora na propriocepção através do mesmo teste utilizado neste estudo após intervenção com o Nintendo Wii Fit. Entretanto, quando comparado o protocolo com RV ao protocolo tradicional, não houve diferenças significativas. (WIKSTROM, 2012).

## 5. CONCLUSÃO

Ao final da pesquisa, foi possível observar que o sujeito do estudo obteve resultados positivos em todas as variáveis analisadas, o equilíbrio, a marcha, a força muscular e a propriocepção, após séries de exercícios com RV. Todas estas condições são importantes para ganho/manutenção de capacidades funcionais que interferem diretamente na qualidade de vida das pessoas, sendo assim possível concluir que esta terapia tem potencial para atuar como alternativa complementar na promoção, prevenção e reabilitação físico-motora. Considerando que terapias tradicionais já estão bem documentadas como capazes de alcançar os efeitos vistos nesta pesquisa, e que estudos comparativos não encontraram diferenças significativas entre as terapêuticas (clássicas e RV), o diferencial da RV seria sua capacidade lúdica, atrativa e interativa. Porém não foram realizados, neste estudo, testes de satisfação para mensurar tal potencial, sendo este um importante ponto a ser considerado para estudos posteriores.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Uningá-SM e à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

## 6. REFERÊNCIAS

- [01] AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, M. et al. American college of sports medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *MSSE* v. 41, p. 1510–1530, 2009.
- [02] APTA – American Physical Therapy Association. Disponível em: <http://www.apta.org>, acesso em 24 de Junho de 2016.
- [03] BISSON, E. et al. Functional balance and dual-task reaction times in older adults are improved by virtual reality and biofeedback training. *Cyberpsychol Behav* v. 10, p. 16–23, 2007.
- [04] BIERYLA, K.A. DOLD, N.M. Feasibility of Wii Fit training to improve clinical measures of balance in older adults. *Clin Interv Aging* v. 8, p. 775–781, 2013.
- [05] de BRUIN, E.D. et al. Use of virtual reality technique for the training of motor control in the elderly. Some theoretical considerations. *Z Gerontol Geriatr* v. 43, p. 229–234, 2010.
- [06] CAMEIRÃO, M. S. et al. The Combined Impact of Virtual Reality Neurorehabilitation and Its Interfaces on Upper Extremity Functional Recovery in Patients With Chronic Stroke. *Stroke*, DOI: 10.1161/STROKEAHA.112.653196, 2012.
- [07] CLARK, G.S.; SIEBENS, H.C. Reabilitação Geriátrica, Tratado de Medicina de Reabilitação: Princípios e Práticas, Manole, São Paulo, cap. 39, p. 1013-1047, 2002.
- [08] CSUKA, M.; MCCARTY, D.J. Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *Am J Med* v. 78, p. 77–81, 1985.
- [09] DEUTSCH, J. E. et al. Use of a Low-Cost, Commercially Available Gaming Console (Wii) for Rehabilitation of an Adolescent With Cerebral Palsy. *Physical Therapy* v. 8, n. 10, p. 1196-1207, 2008.
- [10] van DIEST, M. et al. Exergaming for balance training of elderly: state of the art and future developments. *J Neuroeng Rehabil* v. 10, p. 101. 2013.
- [11] DIETZ, V. Proprioception and locomotor disorders. *Nat Rev Neurosci* v. 3, p. 781-871, 2002.
- [12] DUQUE, G. et al. Effects of balance training using a virtual-reality system in older fallers. *Clin Interv Aging* v. 8, p. 257–263, 2013.
- [13] FOLSTEIN, M.F.; FOLSTEIN, S.E.; MCHUGH, P.R. “Mini-mental state”. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiat Res* v. 12, p. 189–198, 1975.
- [14] FRANCO, J.R. et al. The effect of the Nintendo Wii Fit and exercise in improving balance and quality of life in community dwelling elders. *Technol Health Care* v. 20, p. 95–115, 2012.
- [15] GRIBBLE, P.A.; HERTEL, J. Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. *Meas Phys Educ Exerc Sci* v. 7(2), p. 89–100, 2003.
- [16] GUDERIAN, B. et al. The cardiovascular and metabolic responses to Wii Fit video game playing in middle-aged and older adults. *J Sports Med Phys Fitness* v. 50, p. 436–442, 2010.
- [17] HERTEL, J. et al. Simplifying the Star Excursion Balance Test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther* v. 36(3), p. 131–137, 2006.
- [18] HEUNINCKX, S.; WENDEROTH, N.; SWINNEN, S.P. Systems neuroplasticity in the aging brain: recruiting additional neural resources for successful motor performance in elderly persons. *J Neurosci* v. 28, p. 91–99, 2008.
- [19] JORGENSEN, M.G. et al. Efficacy of Nintendo Wii training on mechanical leg muscle function and postural balance in community-dwelling older adults: a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* v. 68, p. 845–852, 2013.
- [20] KIM, K. et al. Which treatment is more effective for functional ankle instability: Strengthening or combined muscle strengthening and proprioceptive exercises? *J. Phys. Ther. Sci* v. 26, p. 385–388, 2014.
- [21] LAVER, K. et al. Use of an interactive video gaming program compared with conventional physiotherapy for hospitalised older adults: a feasibility trial. *Disabil Rehabil* 2012, 34:1802–1808.
- [22] LEVIN, M.F. Can virtual reality offer enriched environments for rehabilitation? *Expert Rev Neurother* v. 11, p. 153–155, 2011.
- [23] MAILLOT, P.; PERROT, A.; HARTLEY, A. Effects of interactive physical-activity videogame training on physical and cognitive function in older adults. *Psychol Aging* v. 27, p. 589–600, 2012.
- [24] MOLINA, K. et al. Virtual reality using games for improving physical functioning in older adults: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* v. 11:156, p. 1-20, 2014.
- [25] MYAMOTO, S.T. et al. Brazilian version of the Berg balance scale. *Braz J Med Biol Res* v. 37(9), p. 1411–21, 2004.
- [26] O’SULLIVAN, S.; SCHMITZ, T. Fisioterapia: Avaliação e Tratamento. Manole, São Paulo, 2001.
- [27] PLUCHINO, A. et al. Pilot study comparing changes in postural control after training using a video game balance board program and 2 standard activity-based balance intervention programs. *Arch Phys Med Rehabil*

- v. 93, p. 1138–1146, 2012.
- [28] POMPEU, J.E. et al. Effect of Nintendo Wii™-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: a randomised clinical trial. *Physiotherapy*. v. 98, p. 196–204, 2012.
- [29] PUNT, I. M. et al. Wii Fit™ exercise therapy for the rehabilitation of ankle sprains: Its effect compared with physical therapy or no functional exercises at all. *Scand J Med Sci Sports*, doi: 10.1111/sms.12509, 2015.
- [30] RENDON, A.A. et al. The effect of virtual reality gaming on dynamic balance in older adults. *Age Ageing* v. 41, p. 549–552, 2012.
- [31] ROSS, A. et al. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait & Posture*, v. 31, p. 307-310, 2010.
- [32] ROSSIGNOL, S. Dynamic sensorimotor interactions in locomotion. *Physiol Rev* v. 86, p. 89–243, 2006.
- [33] SCHIAVINATO, A.M. et al. Influência do WiiFit no equilíbrio de paciente com disfunção cerebelar: estudo de caso. *J Health Sci Inst*. V. 28(1), p. 50-52, 2010.
- [34] SEIDLER, R.D. et al. Motor control and aging: links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neurosci Biobehav Rev*. v. 34, p. 721–733, 2010.
- [35] TINETTI, M.E. et al. Fear of falling and fall-related efficacy in relationship to functioning among community-living elders. *J Gerontol*. v. 49, p. 140-147, 1994.
- [36] WIKSTROM, E. A. Validity and Reliability of Nintendo Wii Fit Balance Scores. *Journal of Athletic Training* v. 47, n. 3, p. 306–313, 2012.