Jogos Sérios na Reabilitação de Pacientes Pós-Acidente Vascular Cerebral: Um Mapeamento Sistemático da Literatura

Fabrício Noveletto[1] Marcelo da Silva Hounsell[1] Antonio Vinícius Soares[2]
Pedro Bertemes Filho[1]

Universidade do Estado de Santa Catarina, Depto. de Engenharia Elétrica, Brasil [1]
Faculdade Guilherme Guimbala, Depto. de Fisioterapia, Brasil [2]

RESUMO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é a principal causa de incapacidade em adultos no mundo. As pessoas que sobrevivem ao AVC e que têm sua capacidade funcional comprometida, comumente necessitam de longos períodos de reabilitação. Estudos mostram que os Jogos Sérios (JS) auxiliam na reabilitação desses pacientes. Para identificar e relacionar as principais características encontradas nos JS utilizados na reabilitação de pacientes pós-AVC foi feito um Mapeamento Sistemático da Literatura. Foram analisados 298 artigos e selecionados 36 para compor o estudo. Os artigos foram analisados e classificados com base na portabilidade, área de formação dos autores, área de aplicação, tecnologia de interação, monitoramento de progresso, avaliação clínica e número de pacientes que usaram o JS. Algumas conclusões deste estudo revelam que: o uso de JS na reabilitação pós-AVC continua em expansão; o foco está na reabilitação motora; a carência de rigor científico nos estudos ainda limita as evidências de eficácia terapêutica.

Palavras-Chave: Jogos Sérios, AVC, Reabilitação.

1 INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é uma causa comum de morbidade e mortalidade em todo o mundo e representa a segunda principal causa global de morte [1]. Em geral, as sequelas produzidas pelo AVC afetam funções relacionadas à capacidade funcional do indivíduo, exigindo longos períodos de reabilitação. Portanto, é fundamental encontrar estratégias motivadoras que possibilitem a continuidade do tratamento. Neste sentido, os jogos digitais vêm se destacando como uma nova abordagem terapêutica que tem beneficiado significativamente os pacientes na fase de reabilitação [2]. Além disso, o uso de jogos digitais melhora a motivação para o tratamento, diminuindo o tempo de reabilitação do paciente [3].

Embora evidenciado na literatura que os jogos digitais auxiliam nos processos de reabilitação, muitos estudos fazem uso de jogos digitais comerciais que não são desenvolvidos para reabilitação, o que pode limitar sua eficácia terapêutica. Uma alternativa é o desenvolvimento de jogos para propósitos específicos. Esses jogos que visam aspectos específicos, combinados com o aspecto lúdico do entretenimento, são chamados de Jogos Sérios (JS) [4]. A utilização de JS na reabilitação pós-AVC tem sido considerado um recurso terapêutico promissor, porque além de utilizar elementos fundamentais para reabilitação (intensidade, repetitividade e orientado a tarefa), favorece o aumento da atenção e da motivação dos pacientes durante as sessões de reabilitação [5]. Entretanto, apesar do crescente foco no desenvolvimento de JS para saúde, a falta de rigor científico nas investigações ainda limita a evidência da eficácia desses jogos [6].

Assim, com o objetivo de identificar os aspectos comuns a essa categoria de JS, será apresentado e discutido nesse trabalho, um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), buscando identificar e evidenciar as principais características e limitações encontradas em JS utilizados na reabilitação de pacientes pós-AVC.

2 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA (MSL)

O MSL é uma metodologia de pesquisa bibliográfica que fornece uma visão geral em termos quantitativos e possibilita identificar tendências e lacunas para uma questão de pesquisa. O MSL apresentado neste trabalho é baseado no modelo proposto por Petersen et al. [7] e envolve as seguintes etapas: (1) Questão da pesquisa; (2) Realização da busca; (3) Análise dos artigos; (4) Determinação das classes; e (5) Extração dos dados e mapeamento.

2.1 Questão de Pesquisa

A *Questão de Pesquisa* proposta para este trabalho visa identificar e caracterizar JS usados na reabilitação de pacientes pós-AVC. Para tanto, faz-se a seguinte pergunta de pesquisa: *Quais as principais características encontradas nos jogos sérios usados na reabilitação de pacientes pós-AVC?*

2.2 Realização da Busca

Jogos sérios no contexto da saúde são tipicamente multidisciplinares, podendo envolver áreas do conhecimento como saúde, computação e engenharia. Assim, para realização da busca foram utilizados os seguintes mecanismos de busca acadêmica: P*ortal CAPES (bases MEDLINE/PubMed*, *Scopus* e *Web of Science*) na área da saúde; *ACM Digital Library* na área da computação; e *IEEE Xplore* na área da engenharia.

Foram usadas as seguintes palavras-chave para a busca: (1) *Game*, (2) *Virtual Reality* e (3) *Stroke*. Esta escolha levou em consideração a natureza multidisciplinar da área, onde ainda é comum a falta de consenso quanto à definição de JS. Boughzala et al. [8] definem JS como videogames que usam as mesmas abordagens existentes nos jogos clássicos, onde a abordagem lúdica vai além da dimensão única de entretenimento. Na área da saúde muitos autores usam o termo *Virtual Reality* para designar sistemas voltados para a reabilitação que mesclam hardware e software específicos (inclusive jogos). Bryson [9] define *Realidade Virtual* como um paradigma de interface que utiliza

*e-mail: fabricio.noveletto@udesc.br

computadores e interfaces homem-computador para criar o efeito de um mundo tridimensional em que o usuário interage diretamente com objetos virtuais. Portanto, é importante investigar o uso desses termos, pois ainda existem divergências quanto as nominações usadas.

Assim, definiu-se o seguinte formato para a frase de busca: *(game* OR "virtual reality") AND stroke*. Para a busca inicial foram definidos os seguintes critérios: (1) Encontrar a frase de busca no título do artigo; (2) Limitar a pesquisa aos artigos publicados na língua inglesa em periódicos revisados por pares (*journals*) e eventos (*proceedings*) no período de 2007 a 2016 (10 anos).

2.3 Análise dos Artigos

Nesta etapa são definidos os critérios de inclusão e exclusão que permitem selecionar os artigos que tenham relação com a questão de pesquisa. Os critérios elaborados foram aplicados ao resumo dos 298 artigos encontrados na busca inicial. O Critério de Inclusão 1 (CI-1), aplicado somente ao resumo, é formado pelo agrupamento dos seguintes critérios: *Manter os artigos que usam a Realidade Virtual como uma tecnologia de interface aplicada aos jogos; Manter os artigos que não usam jogos de entretenimento comerciais*; *Manter os artigos que não são revisões sistemáticas*.

Como critério de exclusão foi definido que seriam removidos os artigos duplicados, porém não houve essa ocorrência. Assim, restaram 109 artigos para uma última etapa de análise. O objetivo desta etapa é selecionar somente os artigos que tratam de JS (conforme definição anterior), pois ainda existe confusão no uso dos termos *Game*, *Serious Game* e *Virtual Reality*. Foi definido então, o Critério de Inclusão 2 (CI-2), formado pelo agrupamento dos seguintes critérios: *Pelo conteúdo do artigo, manter somente os que utilizam JS*; *Manter somente os artigos completos (mínimo de 4 páginas)*. Com a aplicação do CI-2, 36 artigos (ver Quadro 1) foram selecionados para a Determinação das Classes.

2.4 Determinação das Classes

O objetivo desta etapa é identificar e categorizar nos artigos selecionados, características relacionadas à Questão de Pesquisa. Para definir quais características seriam avaliadas, foi utilizado o modelo de classificação de JS para saúde proposto por Wattanasoontorn et al. [10]. Neste modelo, as classificações são baseadas na relação entre três domínios: *Jogador, Saúde* e *Jogo Sério*. Para este trabalho foram selecionados apenas alguns itens do domínio *Jogo Sério* relacionados à funcionalidade. Os outros domínios e classificações estão implicitamente definidos pelo próprio tipo de jogo (reabilitação de pacientes pós-AVC), onde o foco é a saúde, o jogador é o paciente e o estágio da doença é a reabilitação.

Assim, foram definidas as seguintes classes para investigação:

(1) *Local de uso (Portabilidade)*; (2) *Área de formação dos autores*; (3) *Área de aplicação*; (4) *Dispositivo de Entrada (Tecnologia de interação)*; (5) *Armazenamento de dados (Monitoramento de Progresso)*; (6) *Avaliação clínica*; (7) *Número de pacientes que usaram o jogo*. Os itens 2, 6 e 7 não são contemplados no modelo descrito acima e foram utilizados para investigar questões relacionadas à validação clínica do jogo.

Para o local de uso, observou-se o foco nos ambientes clínicos e domiciliares. As áreas de formação dos autores foram divididas em duas grandes áreas: Ciências Exatas e Ciências da Saúde. A área de aplicação está relacionada à função que se deseja reabilitar no paciente. Foram observados e definidos quatro grupos de funções: *Membros Superiores*, relacionada à reabilitação somente dos membros superiores; *Equilíbrio*, relacionado ao equilíbrio postural; *Motor Global*, para a reabilitação conjunta de membros superiores e equilíbrio; *Não Motor*, relacionada às demais funções observadas e que não se enquadram como função motora. Os dispositivos de entrada foram agrupados com base nos tipos de sensores utilizados. Foram definidos quatro grupos: *Visão*, *Inercial*, *Especial*, e *Misto*. O grupo *Visão* é composto por diversos tipos de câmeras, como infravermelhas, térmicas, 3D e webcams. O grupo *Inercial* é composto por dispositivos que usam acelerômetros e giroscópios. No grupo *Especial* encontram-se os dispositivos que usam características especiais de interação, como os dispositivos hápticos, robóticos e bioelétricos. O grupo *Misto* contempla os trabalhos que usaram mais de um dispositivo de entrada pertencente aos grupos anteriores. Observou-se também se o jogo possibilita a gravação de dados para avaliação de desempenho do paciente. Quanto à avaliação funcional do paciente, foi observada uma grande variedade de instrumentos clínicos, que foram agrupados com base na indicação clínica de aplicação. Assim, os instrumentos de avaliação foram agrupados da seguinte forma: *Global*, *Membros Superiores*, *Questionário*, *Não Motor* e *Misto*. No grupo *Global*, um mesmo instrumento pode avaliar diferentes funções relacionadas a grupos motores distintos. O grupo *Misto* é composto pelos trabalhos que utilizaram mais de um dos grupos de instrumentos anteriores. Por fim, observou-se o número de pacientes pós-AVC avaliados pelos instrumentos clínicos.

2.5 Extração dos Dados e Mapeamento

Quanto ao local de uso do jogo, observou-se que 58,1% dos artigos selecionados tinham foco no uso domiciliar.

A análise da área de formação dos autores mostrou que metade dos trabalhos (50%) é de autoria conjunta (mista) das áreas da saúde e exatas, 30,6% são de autoria da área de exatas e 19,4% são de autoria da área da saúde.

Quanto à área de aplicação dos jogos, 94,5% foram desenvolvidos para reabilitação de aspectos relacionados com as funções motoras dos pacientes. Do total dos artigos avaliados, 72,2% são utilizados na reabilitação motora superior (somente membro superior), 2,8% na reabilitação motora do equilíbrio e 19,5% na reabilitação motora global (membros superiores e equilíbrio). Outros dois trabalhos (5,5%) apresentaram jogos para reabilitação respiratória e negligência esquerda (não motoras). Não foram encontrados jogos para reabilitação de membros inferiores e cognitiva.

Foram identificados 37 diferentes dispositivos de entrada, onde 38,8% dos trabalhos utilizaram dispositivos de visão, 16,7% dispositivos inerciais e 30,6% dispositivos especiais.

Em relação ao armazenamento de dados, 54,8% dos trabalhos indicaram ter algum sistema de armazenamento de dados que podia ser utilizado posteriormente pelo terapeuta. Não foram considerados os trabalhos que indicaram armazenar somente a informação da pontuação do jogo.

O número de trabalhos que indicaram avaliar o desempenho dos pacientes através de instrumentos clínicos foi de 52,9%. Em alguns trabalhos (16,7%), embora os jogos tenham sido usados por pacientes, não foram utilizados instrumentos clínicos para avaliar os mesmos. Em média foram avaliados 20,2±17,9 pacientes, variando de 1 a 68 pacientes.

Por fim, foram identificados 30 diferentes instrumentos de avaliação. O instrumento mais utilizado foi a Escala de Fugl-Meyer, para avaliação da recuperação motora, com 8 ocorrências.

3 Discussão

O grande número de artigos encontrados na busca inicial é um indicativo do interesse pelos jogos digitais como recurso

Abdelkader et al. (2011). Mixed reality serious games for post-stroke rehabilitation.	Lee KH (2015). Effects of a virtual reality-based exercise program on functional recovery in stroke patients : part 1.
Alankus e Kelleher (2012). Reducing compensatory motions in video games for stroke rehabilitation.	Lee M et al. (2016). A Further Step to Develop Patient-Friendly Implementation Strategies for Virtual Reality–Based Rehabilitation in Patients with Acute Stroke.
Alankus et al. (2011). Stroke therapy through motion-based games: a case study.	Ma e Bechkoum (2008). Serious games for movement therapy after stroke.
Baranyi et al. (2013). Chances for serious games in rehabilitation of stroke patients on the example of utilizing the Wii Fit Balance Board.	Prange et al. (2015). The effect of arm support combined with rehabilitation games on upper-extremity function in subacute stroke: A randomized controlled trial.
Borghese et al. (2013). An intelligent game engine for the at-home rehabilitation of stroke patient.	Rias et al. (2014). Therapeutic game to address left neglect symptoms in stroke patients: An initial study.
Bower et al. (2015). Clinical feasibility of interactive motion-controlled games for stroke rehabilitation.	Ribeiro et al. (2016). Mobile game-based virtual reality rehabilitation program for upper limb dysfunction after ischemic stroke.
Burke et al. (2008). Vision based games for upper-limb stroke rehabilitation.	Rodriguez et al. (2012). Development of computer games for assessment and training in post-stroke arm telerehabilitation.
Burke et al. (2009). Serious games for upper limb rehabilitation following stroke.	Schuck et al. (2011). Game-based, portable, upper extremity rehabilitation in chronic stroke.
Burke et al. (2010). Augmented reality games for upper-limb stroke rehabilitation.	Shah et al. (2014). Designing motivational games for stroke rehabilitation.
Carabeo et al. (2014). Stroke patient rehabilitation: a pilot study of an android-based game.	Shin et al. (2014). A task-specific interactive game-based virtual reality rehabilitation system for patients with stroke: a usability test and two clinical experiments.
Choi et al. (2016). Mobile game-based virtual reality rehabilitation program for upper limb dysfunction after ischemic stroke.	Shin et al. (2015). Effects of game-based virtual reality on health-related quality of life in chronic stroke patients: A randomized, controlled study.
Curtis e Ruijs (2009). Rehabilitation of handwriting skills in stroke patients using interactive games : A pilot study	Slijper et al. (2014). Computer game-based upper extremity training in the home environment in stroke persons: a single subject design.
Dömok et al. (2012). "Break the Bricks" serious game for stroke patients state of the art.	Souza et al. (2012). Handcopter Game: A video-tracking based serious game for the treatment of patients suffering from body paralysis caused by a stroke.
Evett et al. (2011). Dual camera motion capture for serious games in stroke rehabilitation.	Standen et al. (2015). Patients use of a home-based virtual reality system to provide rehabilitation of the upper limb following stroke.
Hossain et al. (2016). AR-based serious game framework for post-stroke rehabilitation.	Standen et al. (2016). A low cost virtual reality system for home based rehabilitation of the arm following stroke: A randomized controlled feasibility trial.
Hou e Sourina (2013). Emotion-enabled haptic-based serious game for post stroke rehabilitation.	Taylor et al. (2009). The Birth of Elinor: A collaborative development of a game based system for stroke rehabilitation.
Joo et al. (2015). The effects of game-based breathing exercise on pulmonary function in stroke patients: a preliminary study.	Thielbar et al. (2014). Training finger individuation with a mechatronic-virtual reality system leads to improved fine motor control post-stroke.
King et al. (2010). Bilateral movement training with computer games for stroke rehabilitation.	
Lee RG et al. (2012). Development of an augmented reality-oriented game system for stroke rehabilitation assessment.	

Quadro 1: Lista de artigos selecionados no MSL.

terapêutico na reabilitação pós-AVC. Entretanto, somente 36 foram identificados como JS. Isso reforça o indicativo de que ainda é comum o uso de jogos comerciais tradicionais adaptados à reabilitação. Diferentemente dos jogos comerciais, os JS são focados na reabilitação e, em geral, são projetados por uma equipe multidisciplinar, podendo envolver especialistas de diferentes áreas relacionadas à saúde e tecnologia. Neste estudo foi observado que cerca de metade dos artigos foi produzida em conjunto por autores das áreas da saúde e exatas. Para Brox et al. [11], a colaboração com os profissionais de saúde a partir do estágio inicial do projeto é necessário tanto para garantir que o conteúdo seja válido, quanto para validar o jogo do ponto de vista clínico. Dos 19 trabalhos que avaliaram clinicamente os pacientes, 78,9% desses tinham ao menos um autor da área da saúde.

Dos 36 trabalhos selecionados, apenas 9 (25%) tinham o termo *serious game* no título do artigo. Isso sugere um desconhecimento dos autores quanto à definição deste tipo de jogo. Entretanto, a maioria dos trabalhos (32) usou o termo *game* no título. Apenas 5 trabalhos se referiram aos jogos usando o termo *virtual reality* no título, sem usar a palavra *game*.

Em relação ao ambiente de uso dos jogos, observou-se uma discreta preferência para o uso domiciliar (55,6%). Diversos estudos baseados em evidência destacam que a reabilitação domiciliar é benéfica para os pacientes pós-AVC [12].

Quanto ao registro das ações do paciente durante o jogo, apenas metade dos trabalhos relataram possuir algum tipo de registro de dados. Proffit [13] destaca que esta também é uma das principais limitações nos jogos comerciais, onde os dados gerados pelo jogo (cinemáticos, por exemplo) são usados apenas para controlar as ações do jogo. O registro (*log*) das ações do paciente durante as sessões com os jogos é fundamental para o terapeuta, pois possibilita monitorar e avaliar o progresso clínico dos pacientes.

Dentre as principais características analisadas nos JS selecionados, estão: área de aplicação, dispositivo de entrada e avaliação do paciente. Foram investigadas as relações entre essas características e apresentadas em um gráfico de bolhas (Figura 1), onde é possível observar uma grande concentração de jogos voltados para reabilitação de membros superiores. Para interface de interação com os jogos, a preferência na maioria dos jogos foi para dispositivos de entrada baseados em visão. De fato, os dispositivos de visão favorecem a utilização dos jogos por pessoas com limitações motoras, embora com algumas restrições relacionadas à amplitude movimento [14].

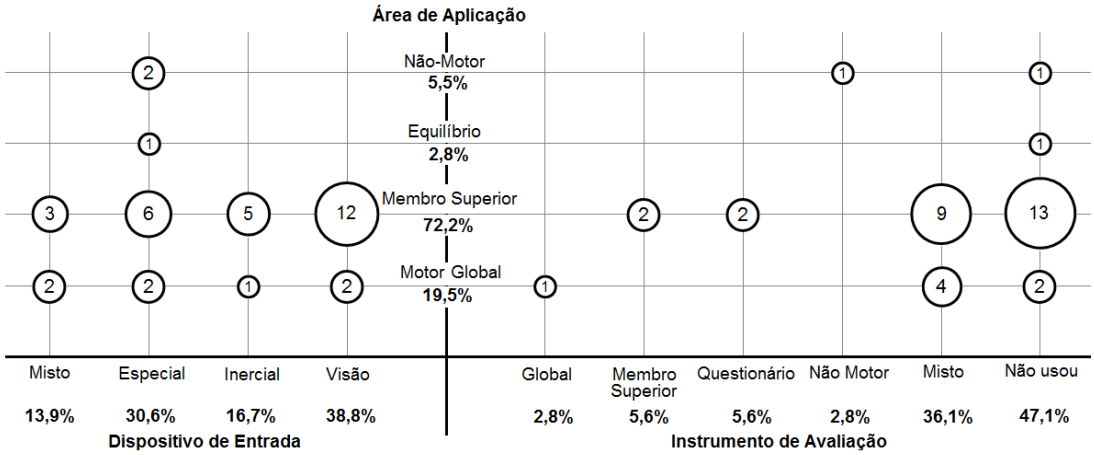

Figura 1. Resultado do MSL em função do tipo de aplicação, dispositivo de entrada e instrumento de avaliação.

Em relação aos instrumentos de avaliação, quase metade dos jogos não utilizou instrumentos clínicos para avaliar o paciente. O elevado número de trabalhos que não avaliou os pacientes com instrumentos clínicos indica uma importante lacuna que deve ser preenchida. Embora os resultados de muitos estudos sejam promissores quanto à função terapêutica dos jogos, a maioria destes é baseada em poucos pacientes e não há comparativo com outros tipos de intervenção [15], limitando assim o nível de evidência clínica. Além disso, nenhum dos trabalhos que informou armazenar dados e avaliou paciente, analisou a relação entre as informações geradas pelo jogo e as avaliações clínicas.

Por fim, observou-se uma tendência de crescimento no número de publicações, onde 69,4% dos artigos foram publicados somente nos últimos 5 anos analisados.

4 Conclusão

A utilização de JS na reabilitação de pacientes pós-AVC é considerado um recurso terapêutico promissor. Entretanto, a literatura não deixa claro quais características devem estar presentes nestes jogos. O MSL conduzido neste trabalho possibilitou responder a essa questão. Em uma análise mais geral, é possível concluir que: o uso de JS na reabilitação de pacientes pós-AVC está em expansão; O foco dos jogos está na reabilitação das funções motoras de membro superior; A eficácia de quase metade dos jogos é comprometida pela falta de avaliação clínica com o paciente; A maioria dos jogos ainda está na fase de protótipo não comercial; A área de aplicação ainda é muito restrita e deveria ser estendida para outras áreas, como reabilitação cognitiva e membros inferiores. Não existe a preocupação em correlacionar os dados clínicos dos pacientes com os dados do jogo, o que negligencia a possibilidade de também utilizar o JS como um instrumento de avaliação clínica.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da UDESC, FITEJ, CAPES, CNPq e Faculdade Guilherme Guimbala.

Referências

[1] E. J. Benjamin et al., "Heart disease and stroke statistics—2017 update: a report from the American Heart Association," *Circulation*, vol. 135, no. 10, pp. 146-603, 2017.

[2] C. Moritz et al., "'Neurogame Therapy'for Improvement of Movement Coordination after Brain Injury: Developing a Wireless Biosignal Game Therapy System," in *In Global Humanitarian Technology Conference (GHTC) IEEE*, 2011, pp. 72-77.

[3] A. Slijper et al., "Computer game-based upper extremity training in the home environment in stroke persons: a single subject design," *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, vol. 11, no. 1, p. 35, 2014.

[4] J. Alvarez and D. Djaouti, "An introduction to Serious Game Definitions and Concepts," in *Proceedings of the Serious Games & Simulation for Risks Management Workshop*, 2011, pp. 11-15.

[5] R. Lloréns, J. A. G. Gomez, M. Alcañis, C. Colomer, and E. Noé, "Improvement in balance using a virtual reality-based stepping exercise: a randomized controlled trial involving individuals with chronic stroke," *Clin Rehabil*, vol. 23, 2014.

[6] P. M. Kato, "The Role of the Researcher in Making Serious Games for Health," *Serious Games for Healthcare: Applications and Implications*, pp. 213-231, 2012.

[7] K. Petersen et al., "Systematic Mapping Studies in Software Engineering," *EASE*, vol. 8, pp. 68-77, 2008.

[8] I. Boughzala, I. Bououd, and H. Michel, "Characterization and Evaluation of Serious Games: A perspective of their use in higher education," in *In System Sciences (HICSS), 46th Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE Computer Societ*, 2013, pp. 844-852.

[9] S. Bryson, "Virtual reality in scientific visualization," *Communications of the ACM*, vol. 39, no. 5, pp. 62-71, 1996.

[10] V. Wattanasoontorn, I. Boada, R. García, and M. Sbert, "Serious games for health," *Entertainment Computing*, vol. 4, no. 4, pp. 231-247, 2013.

[11] E. Brox, L. Fernandez-Luque, and T. Tøllefsen, "Healthy gaming–video game design to promote health," *Applied clinical informatics*, vol. 2, no. 2, 2011.

[12] N. E. Mayo, "Stroke Rehabilitation at Home," *Stroke*, vol. 47, no. 6, pp. 1685-1691, 2016.

[13] R. Proffitt. (2014, Jun.) A virtual reality approach to lower extremity rehab - Lower Extremity Review. [Online]. http://lermagazine.com/article/a-virtual-reality-approach-to-lower-extremity-rehab

[14] L. Shires et al., "Evaluating the Microsoft Kinect for use in upper extremity rehabilitation following stroke as a commercial off the shelf gaming system," in *Proc. 10th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Associated Technologies*, 2014, pp. 197-204.

[15] A. E. Staiano and R. Flynn, "Therapeutic Uses of Active Videogames: A Systematic Review," *Games for Health Journal: Research, Development, and Clinical Applications*, vol. 3, no. 6, 2014.