



ARTIGO ORIGINAL

Realidade virtual: efeitos na recuperação do membro superior de pacientes hemiparéticos por acidente vascular cerebral

Virtual reality: effects on upper limb recovery in hemiparetic patients after stroke

Mônica Araújo¹, Mônica Karina Postól¹, Alessandro Diogo Bruckheimer², Marcelo da Silva Hounsell², Simone Suzuki Woelner³, Antonio Vinicius Soares³

Resumo

Introdução: O acidente vascular cerebral é um distúrbio neurológico que resulta em incapacidade e gera grande impacto na qualidade de vida dos sobreviventes. A neuroreabilitação vem sendo constantemente atualizada através de técnicas que motivem o paciente a frequentar o ambiente clínico, sendo a Realidade Virtual (RV) um recurso terapêutico que pode ser utilizado para a recuperação do membro superior. **Objetivo:** analisar os efeitos terapêuticos da Realidade Virtual, na forma de Jogo Sério, na recuperação do membro superior de pacientes hemiparéticos por AVC. **Materiais e métodos:** Estudo pré-experimental com pré e pós-testes, constituídos de aproximadamente 20 sessões. Nas avaliações foram utilizados os seguintes instrumentos de medida: Escala de Fugl-Meyer - seção do membro superior (EFM), Teste da Caixa e Blocos (CB), o Perfil de Saúde de Nottingham (PSN), Escala de Ashworth Modificada (EAM) e a Pontuação no jogo sério (JOGO). **Resultados:** ganhos significativos foram observados nos testes da EFM-MS, com incremento de 6,7%; CB 16,7% no membro superior esquerdo e 19,3% no direito e no JOGO 79,3% na esquerda e 55,7% na direita; no PSN e EAM não ocorreram alterações significativas. **Conclusão:** Os resultados encontrados nesta pesquisa sugerem a contribuição da RV para a recuperação do membro superior de hemiparéticos por AVC.

Descritores: Realidade virtual. AVC. Hemiparético. Acidente vascular cerebral.

Abstract

Introduction: The Stroke is a neurological disturbs that result in disability and a large impact in the life quality of the survivors. The neurorehabilitation has been constantly up dated through techniques that motivate the patient to attend the clinical environment. Virtual Reality (VR) is a therapeutic resource that can be used for the upper limb recovery. **Objective:** To analyze the therapeutic effects of the virtual reality as a serious game in the recovery of hemiparetic patients. **Materials and methods:** pre-experimental study with pre and post tests, with apromately 20 sessions. The evaluations were performed with the follow instruments: Fugl-Meyer Scale- upper limb session (FMS-UL), Box and Blocks Test (BBT), the Nottingham Health Profile (NHP), Modified Ashworth Scale of (MAS), and points of the serious game. **Results:** significant gains were observed in tests: FMS-UL, increased 6,7%; BBT 16,7% the upper limb left and 19,3% at the right and the Game of 79,3% at the left and 55,7% at the right; in NHP e MAS no significant changes were found. **Conclusion:** the results suggest that VR contribute to recovery upper limb hemiparetic patients after stroke.

Key-words: Virtual Reality. Stroke. Hemiparetic. Stroke.

1. Acadêmica do 4º ano de fisioterapia e integrante do NUPEN - Núcleo de Pesquisas em Neuroreabilitação da Faculdade Guilherme Guimbala da Associação Catarinense de Ensino - Joinville - SC.
2. Pesquisador do LARVA - Laboratory of Research on Visual Application - Departamento de Ciências da Computação do Centro de Ciências Tecnológicas - UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina - Joinville-SC.
3. Pesquisador do NUPEN - Núcleo de Pesquisas em Neuroreabilitação do Curso de Fisioterapia da Faculdade Guilherme Guimbala da Associação Catarinense de Ensino - Joinville - SC.

Introdução

O acidente vascular cerebral (AVC) representa a maior causa de morte em toda a América Latina⁽¹⁾. De fato, o AVC é o maior problema de saúde pública no Brasil destacando-se nas regiões menos favorecidas do país, como no Norte, Nordeste e Centro-oeste⁽¹⁾. Além da alta taxa de mortalidade consequente desta patologia, o AVC também é a maior causa de incapacidade física e mental em adultos^(2,3). A faixa etária predominante está entre 40 e 69 anos, sendo mais prevalente em negros e pardos, onde os principais fatores de risco são a hipertensão arterial sistêmica, o diabetes melito, as cardiopatias, além do sedentarismo, tabagismo, etilismo e obesidade, muitos destes fatores associados aos maus hábitos de vida⁽⁴⁾.

Basicamente, são dois os tipos de AVC, isquêmico e hemorrágico. Embora a forma hemorrágica seja mais severa, resultando em sequelas inicialmente mais graves, a isquêmica é mais frequente⁽⁵⁾. Classicamente o quadro clínico observado é a hemiparesia, onde ocorre diminuição de força em um hemicorpo como resultado do comprometimento do território da artéria cerebral média^(5,6).

Dos diversos recursos terapêuticos empregados na neuroreabilitação destes pacientes a Realidade Virtual vem ocupando um lugar de destaque, especialmente pelo seu caráter motivacional, sobretudo para os pacientes crônicos que permanecem muito tempo em tratamento⁽⁷⁻¹⁰⁾. Este tipo de recurso serve tanto para reabilitação motora quanto cognitiva, por ser uma técnica inovadora, proporcionando maior interesse do paciente se mantendo motivado e atento ao longo da reabilitação⁽¹⁰⁾.

A realidade virtual (RV) é uma tecnologia de computador que simula a aprendizagem na vida real e permite maior intensidade de treinamento, proporcionando um feedback sensorial aumentado⁽¹¹⁾. No Brasil é crescente o interesse no desenvolvimento desta tecnologia para a neuroreabilitação⁽¹²⁻¹³⁾.

O objetivo desta pesquisa foi analisar os efeitos terapêuticos da RV, na forma de Jogo Sérioso, na recuperação do membro superior de pacientes hemiparéticos por AVC.

Materiais e métodos

O projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética da Associação Educacional Luterana Bom Jesus/IELUSC, e aprovado sob o número 016/2011. Após esclarecimentos e orientações, os indivíduos participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

A pesquisa consistiu em um estudo pré-experimental de pré e pós-testes, realizado no Núcleo de Pesqui-

sas em Neuroreabilitação (NUPEN) da Faculdade Guilherme Guimbal da Associação Catarinense de Ensino – FGG/ACE, em Joinville, Santa Catarina.

Foram selecionados cinco pacientes, todos vinculados a clínica escola do curso de fisioterapia da mesma instituição. Como critério de inclusão adotou-se a hemiparesia crônica decorrente de AVC (mais de seis meses de lesão). Os critérios de exclusão foram: hemiparesia por outras causas que não o AVC, comprometimento visual e/ou auditivo severo e déficit cognitivo grave. O perfil epidemiológico dos pacientes é detalhado na Tabela 1.

Tabela 1. Perfil epidemiológico dos pacientes

	Média (DP)	Faixa / Proporção
Idade	55,2 (±4,9)	48 – 60
Sexo	masculino	5/5
Lateralidade	Destro	5/5
Lado afetado	Esquerdo	5/5
Tipo AVC	Isquêmico Hemorrágico	4/5 1/5
Tempo de lesão (meses)	19,6 (±11)	8 – 36

A tabulação dos dados coletados foi realizada no Microsoft Office Excel® 2007, em seguida exportados para o software GraphPad Prism 4® onde foram determinados os valores mínimos e máximos das medidas, as médias e desvios padrões. Foi aplicado o teste t de Student com nível de significância de 95% ($p \leq 0,05$) a fim de verificar se as diferenças entre os pré e pós-testes foram significativas. Para verificar a relação entre os testes utilizou-se o Teste de Correlação de Spearman.

Instrumentos de medida

Os pacientes foram submetidos ao protocolo de avaliação (pré e pós-testes) utilizando os seguintes instrumentos de medida: Escala de Fugl-Meyer (EFM) seção do membro superior; Perfil de Saúde de Nottingham (PSN); Teste da Caixa e Blocos; Escala de Ashworth Modificada (EAM), também foi utilizada a pontuação do próprio jogo (JOGO), de forma a extrair um dado objetivo do desempenho do paciente.

A Escala de Fugl-Meyer (EFM) é um sistema de pontuação numérica acumulativa, analisando aspectos como: a amplitude de movimento e função motora da extremidade superior, totalizando 60 pontos a sessão do membro superior. Em cada item é aplicada uma escala ordinal de três pontos, sendo: 0- não pode ser realizado, 1- realizado parcialmente e 2- realizado completamente⁽¹⁴⁾. A escala completa referente ao membro superior e inferior totaliza 100 pontos para a função

motora normal. Segundo Faria 2008 a EFM determina uma pontuação de acordo com o nível de comprometimento motor, em que menos que 50 pontos indicam um comprometimento motor severo; 50-84 marcante; 85-95 moderado; e 96-99 leve⁽¹⁴⁾.

O Perfil de Saúde de Nottingham (PSN) foi desenvolvido originalmente para avaliar a qualidade de vida em pacientes portadores de doenças crônicas^(14,15), através de um questionário auto-administrado, constituído de 38 itens, baseados na classificação de incapacidade descrita pela Organização Mundial da Saúde. Para cada item o paciente deve responder sim ou não conforme a sua percepção, sendo os itens organizados em seis categorias que englobam nível de energia, dor, reações emocionais, sono, interação social e habilidades físicas. Cada resposta positiva corresponde a um escore de um (1) e cada resposta negativa corresponde a um escore zero (0), gerando um total de 38 pontos⁽¹⁵⁾.

Para o Teste da Caixa e Blocos (CB), foi utilizada uma caixa de madeira (53,7 cm de comprimento) com uma divisória mais alta que as suas bordas, separando-a em dois compartimentos de iguais dimensões e 150 cubos de 2,5 cm^(14,16). O paciente foi orientado a transportar os blocos de uma divisória à outra da caixa no tempo de um minuto, após contou-se a quantidade de blocos. Primeiramente a atividade foi realizada com o membro superior menos comprometido e posteriormente com o membro parético, promovendo assim a aprendizagem do indivíduo. Para tanto, se utilizou de comando verbal, instruindo o paciente a realizar a tarefa o mais rápido que conseguisse^(14,17).

Na Escala de Ashworth Modificada (EAM) o examinador movimenta o segmento corporal alongando o músculo que está sendo avaliado e gradua a resistência oferecida por ele. O escore varia de 0 a 5, onde 0 é considerado normal, não havendo aumento do tônus muscular e 5 quando há um expressivo aumento do tônus que impossibilita o movimento, mantendo o segmento corporal rígido em flexão ou extensão⁽¹⁸⁾.

A avaliação do desempenho dos pacientes no jogo ocorreu após as avaliações clínicas. Os indivíduos foram orientados sobre a forma correta de jogar, e após uma sessão de familiarização, realizaram uma sessão de treinamento de cinco minutos, e assim os pontos computados na forma de um valor absoluto foram registrados.

Procedimentos

Após a avaliação inicial, os pacientes foram submetidos em média a 20 sessões com o jogo D2R23D, desenvolvido pelo LARVA (Laboratory of Research on Visual

Applications) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)⁽¹²⁾.

No início de cada sessão foi realizada a aferição da pressão arterial, após os pacientes foram submetidos à mobilização passiva no membro superior parético por aproximadamente 10 minutos. Todo o procedimento da sessão era aplicado em aproximadamente uma hora, sendo que cada paciente comparecia em dois dias alternados da semana. O paciente era conduzido a sentar-se diante da câmera Kinect a uma distância de aproximadamente 1,5 metro. A imagem do indivíduo era inicialmente transmitida por uma sombra que após ser detectada pelo movimento antero-posterior do tronco associava-se a um esqueleto virtual, assim o sistema estava calibrado, em seguida o jogo iniciava automaticamente (Figura 1).

Figura 1. Paciente iniciando o jogo D2R3D



O jogo utilizado, denominado D2R3D é uma evolução para o espaço tridimensional de um jogo anterior⁽³¹⁾, desenvolvido especialmente para esta pesquisa e visa criar um ambiente lúdico para o paciente onde ele interage através dos movimentos dos membros superiores.

A imagem do sujeito não era reproduzida durante o jogo (Figura 1 à direita). O paciente interagia com elementos gráficos projetados que representam um aquário, como o fundo do mar, uma estrela (alvo a ser alcançado), um peixe e uma esfera/bolha (representando a mão do paciente). Para auxiliar a noção de profundidade e localização do paciente foram utilizadas sombras para cada elemento e um "x" vermelho no chão, demarcando a posição da estrela. Além disto, a tela era dividida entre direita e esquerda, para que cada membro fosse treinado isoladamente. O peixe persegue a bolha continuamente, portanto, o paciente controla o peixe indiretamente.

O jogo é composto por dois níveis de dificuldade, sendo que o primeiro exige menor amplitude de movimento do membro superior. O nível dois exige movimentos mais amplos com auxílio da movimentação do tronco.

A sessão era iniciada, primeiramente com o lado não afetado, permanecendo por 30 segundos em jogo, em seguida ocorria a troca automática para o lado parético, com o qual o paciente jogava por mais 30 segundos. Os pacientes realizavam esta tarefa até apresentarem sinais de fadiga ou qualquer outra queixa que necessitasse interrupção da sessão. O tempo máximo de treinamento foi estipulado em 30 minutos, onde o objetivo era conduzir o peixe até a estrela, quando então era gerada uma nova estrela aparecendo em outra posição no espaço 3D do aquário. Cada colisão do peixe com a estrela gerava um ponto para aquele lado mostrado na tela do jogo. Sendo este um feedback positivo ou negativo para o próprio paciente. Além deste feedback, os pacientes foram orientados a utilizar qualquer estratégia motora para cumprir a tarefa. A cada acerto do alvo que surgia de forma aleatória no cenário do jogo, o paciente também ouvia um sinal sonoro.

Resultados

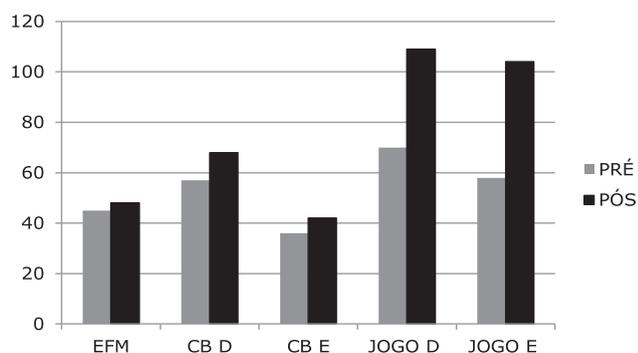
A seguir serão apresentados todos os resultados obtidos no estudo. Na Tabela 2 são mostrados os dados de estatística descritiva, tais como os valores mínimos e máximos, médias, desvios padrões e os índices de desempenho baseados nas diferenças percentuais entre os pré e pós-testes. O Gráfico 1 ilustra o desempenho dos pacientes nos testes.

Tabela 2. Valores mínimos, máximos, médias, desvios padrões e índices de desempenho

	EFM		CB D		CB E		JOGO D		JOGO E	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Mínimo	39	42	33	35	20	23	60	75	44	56
Máximo	50	56	73	83	61	69	82	136	81	152
Média	45	48	57	68	36	42	70	109	58	104
DP	4	6,3	16	19	19	21	8,1	24	14	38
ID	6,7%*		19,3%*		16,7%*		55,7%*		79,3%*	

*ps<0,05
 Legenda: EFM=Escala Fugl-Meyer (seção MS); CB= Teste Caixa e Blocos; JOGO= Pontuação do jogo; DP= desvio padrão; ID= índice de desempenho.

Gráfico 1. Médias de pré e pós testes



Legenda: EFM=Escala Fugl-Meyer; CB= Teste Caixa e Blocos; JOGO= Pontuação do jogo

A avaliação da espasticidade foi realizada através da Escala Modificada de Ashworth. A percepção do paciente quanto a sua qualidade de vida foi quantificada através do Perfil de Saúde de Nottingham. Em ambos os testes não ocorreu alteração estatisticamente significativa.

Os dados obtidos também foram analisados quanto a sua possível correlação. Para isso utilizou-se como parâmetro de referência a Escala de Fugl-Meyer por ser um instrumento de medida largamente utilizado em pesquisas desta natureza. Os coeficientes de correlação (r) foram obtidos através do Teste de Spearman apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Correlação entre a Escala de Fugl-Meyer e demais testes

Teste	CB D	CB E	JOGO D	JOGO E	EAM	PSN
Coef. Correl. (r)	0,67	0,80	0,10	0,30	-0,41	-0,82

Legenda: CB= Teste Caixa e Blocos; JOGO= Pontuação do jogo; EAM= Escala de Ashworth Modificada; PSN= Perfil de Saúde de Nottingham; r= Coeficiente de Correlação (Teste de Spearman)

Pode-se observar que com exceção da pontuação no jogo todos os demais testes apresentam de moderada à forte correlação com a Escala de Fugl-Meyer.

Discussão

A contribuição da RV associada a fisioterapia convencional para a melhora dos pacientes envolvidos nesta pesquisa não é de surpreender, pois este recurso terapêutico coadjuvante vem sendo apontado como uma importante ferramenta na reabilitação de pacientes hemiparéticos por AVC^(10, 19,20-22).

A reabilitação utilizando a RV se baseia principalmente na hipótese de que novas sinapses no córtex motor danificado podem ser ativadas com a mediação de neurônios espelho^(10,19,20). Os neurônios espelho são ativados nos humanos através de funções corticais dos mesmos, como a fala, a função motora, audição ou visão⁽²³⁾. No jogo D2R23D os neurônios espelho dos pacientes foram possivelmente ativados através do feedback auditivo e visual, já que a imagem do indivíduo não era possível de ser observada, além disso, no momento em que um indivíduo realiza uma tarefa bilateral são ativadas áreas no córtex motor ipsilateral e contralateral à lesão^(19,20,23).

Portanto, a ativação de neurônios espelho representa um importante mecanismo neuroplástico, onde outras áreas corticais podem assumir a função da área lesada. Outros mecanismos já foram evidenciados para explicar a melhora dos pacientes submetidos ao tratamento. No período crônico do AVC a regeneração neuronal envolve uma sequência de eventos celulares e moleculares, ocorrendo a redução de moléculas inibitórias do crescimento e ativação de ge-

nes que promovem o crescimento neuronal⁽²⁰⁾.

You et al 2005⁽²²⁾ realizaram o primeiro estudo com a utilização da ressonância magnética funcional (fMRI) para avaliar a evidência da neuroplasticidade e a recuperação motora associada a reabilitação virtual. Os autores concluíram que a realidade virtual induz a reorganização cortical ipsilateral para a ativação do córtex sensório-motor primário contralateral. Assim, estimulando bilateralmente o cérebro. Estes achados tem sido corroborados por outras pesquisas^(10,21).

No presente estudo, o grupo de pacientes envolvidos obteve ganhos significativos em todos os instrumentos de medida utilizados.

Piron et al 2009⁽²⁴⁾ também utilizaram a Escala de Fugl-Meyer nas avaliações. Este estudo foi composto de 36 pacientes, com déficit motor intermediário do membro superior, divididos em dois grupos, controle e experimental (RV). Foi observada uma vantagem no grupo experimental em relação ao controle quanto à pontuação na escala.

No estudo de Saposnik e Levin 2011⁽²⁵⁾ foi realizada uma metanálise de 35 estudos, totalizando 195 pacientes, onde foi avaliado o benefício da realidade virtual na recuperação motora após o AVC. Sendo que doze estudos foram significativos quando avaliados na escala de Fugl-Meyer. Em cinco ensaios clínicos realizados, a avaliação com o teste de Caixa e Blocos não obteve resultados significativos.

Na Escala de Fugl-Meyer obteve-se um aumento de 6,7% após o treinamento com o D2R3D. Este resultado se mostrou significativo, porém pelo fato dos participantes da pesquisa apresentarem um escore alto nos pré-testes a diferença na pontuação foi aparentemente pequena, embora significativa.

Lucca 2009⁽¹⁰⁾ realizou uma revisão de nove estudos com a mesma finalidade, sendo que em vários estudos os pacientes foram avaliados através da Escala de Fugl-Meyer e do Teste da Caixa e Blocos. Na maioria desses estudos ocorreram ganhos significativos. Quanto aos resultados obtidos através desse instrumento utilizando o D2R3D houve um aumento de 16,7% e 19,3% para os membros superiores esquerdo e direito, respectivamente.

Na avaliação baseada nas pontuações do jogo pode-se observar um incremento significativo bilateralmente. Estes resultados quando correlacionados com a Escala de Fugl-Meyer obtiveram coeficientes fracos. Embora as alterações nos pré e pós testes no jogo tenham sido relevantes, estes achados são difíceis de discutir. Assim o incremento substancial observado na pontuação provavelmente decorreu da familiarização e aprendizagem de estratégias no jogo⁽²⁶⁾, sendo que a pontuação do jogo era obtida apenas quando o peixe entrava em contato com a

estrela sem levar em conta as angulações articulares.

Quanto a avaliação da espasticidade, não se observou alterações significativas medidas pela EAM. A ausência de alterações no tônus muscular não surpreende, pois muitas vezes não existe relação direta com a força muscular e a recuperação funcional^(3,27). Elovic et al. 2004⁽²⁸⁾, explicam que pelo fato da EAM ser puramente passiva, alterações nesta escala não se correlacionam com a melhora funcional em pacientes com AVC.

A utilização dos sistemas de RV, sobretudo da forma de Jogos Sérios tem sido utilizados com a finalidade de fornecer desafios terapêuticos e recreativos⁽²⁹⁾. Desta forma, é utilizada como uma reabilitação interativa evitando o tédio e estimulando os pacientes a frequentarem o âmbito clínico, deixando de ser uma terapia convencional cansativa, portanto, mantendo a atenção do paciente promovendo o interesse do sujeito^(19,10,21).

O sistema D2R3D se diferencia de outros recursos de RV por ser um protótipo ainda exclusivo desta pesquisa, não podendo ser comparado com os demais. Porém no estudo de Foulds et al. 2008⁽³⁰⁾ o sistema apresentado é semelhante ao utilizado neste estudo, pois não necessita da projeção da própria imagem do sujeito.

Considerações finais

O principal objetivo deste estudo foi avaliar os benefícios da RV na reabilitação do membro superior parético por AVC, sendo uma das características deste recurso a motivação, promovendo a repetição natural dos movimentos direcionados a um alvo.

Embora em todas as sessões de tratamento tenha sido respeitado o condicionamento de cada sujeito, a motivação despertada pelo jogo era notável, gerando um grande engajamento e adesão ao programa de tratamento proposto. Assim, a participação foi vista como um desafio para os pacientes, pelo fato de utilizarem diferentes estratégias motoras.

É importante lembrar que os pacientes realizavam um grande número de repetições de movimentos em vários graus de liberdade durante as sessões de treinamento no jogo, possivelmente porque o jogo exigia maior demanda atencional. Assim, o treinamento repetitivo, embora espontâneo, refletiu na melhora do desempenho nos testes clínicos.

A neuroreabilitação fundamentalmente é centrada na cinesioterapia. Contudo, muitas vezes os programas de tratamento são longos, repetitivos e cansativos para os pacientes. Assim, a RV pode trazer importante contribuição para os ambientes clínicos, possibilitando implementar

programas de exercícios mais interessantes e motivadores.

São necessárias pesquisas adicionais sobre este recurso, com a participação de um número maior de sujeitos, randomização de grupos, a comparação desta técnica com outras modalidades terapêuticas. E ainda, embora os pacientes tenham exercitados ambos os membros superiores, os efeitos ipsilaterais não foram detalhados, algo relevante em estudos futuros.

Referências

- Lotufo PA. Stroke in Brazil: a neglected disease. *São Paulo Med J*. 2005; 123(1):3-4.
- Kwakkel G; Kollen, BJ; Grond J; et al. Effects of augmented exercise therapy time after Stroke: a meta-analysis. *Stroke*. 2004;35:2529-36.
- Teixeira-Salmela LF, Oliveira ESG, Santana EGS, Resende GP. Fortalecimento muscular e condicionamento físico em hemiplégicos. *Acta Fisiátrica*. 2000; 7(3):108-18.
- Cabral NL, Gonçalves ARR, Longo AL, Moro CH, Costa G, Amaral C, Souza M, Eluf-Neto J, Fonseca LAM. Trends in stroke incidence, mortality and case fatality rates in Joinville, Brazil: 1995–2006. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2009; 80: 749–754.
- Lundy-Ekman L. *Neurociência: fundamentos para a reabilitação*. 3ªed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2008.
- Mumenthaler M, Mattle H. *Neurologia*. 4ªed. Rio De Janeiro: Guanabara Koogan; 2007.
- Wiederhold BK, Wiederhold MD. Virtual reality with fMRI: a breakthrough cognitive treatment tool. *Virtual Reality*. 2008;12: 259-67.
- Edmans JA, Gladman JRF, Cobb S, Sunderland A, Pridmore T, Hilton D, Walker MF. Validity of a virtual environment for stroke rehabilitation. *Stroke* 2006; 37:2770-75.
- Holden MK, Dyar TA, Schwamm L, Bizzi E. Virtual Environment-based Telerehabilitation in Patients with stroke. *CyberPsychology & Behavior*. 2005;212-19.
- Lucca, LF. Virtual reality and motor rehabilitation of the upper limb after stroke: a generation of progress? *J Rehabil Med*. 2009; 41:1003-6.
- Teasell RW, Kalra L. What's new in stroke rehabilitation. *Stroke*. 2004; 35: 383-5.
- Bruckheimer AD, Hounsell MS, Soares AV. Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR); 2012 May 28-31; Niterói - Rio de Janeiro – Brazil.
- Assis GA. *NEUROR: Sistema de apoio à reabilitação dos membros superiores de pacientes vítimas de acidentes vasculares encefálicos [tese]*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola Politécnica; 2010.
- Faria I. *Função do membro superior em hemiparéticos crônicos: análise através da classificação internacional de funcionalidade, incapacidade e saúde [dissertação]*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional; 2008
- Teixeira-Salmela LF, Magalhães LC, Souza AC, Lima MC, Lima RC, Goulart F. Adaptação do Perfil de Saúde de Nottingham: um instrumento simples de avaliação da qualidade de vida. *Cad. Saúde Pública*. 2004; 20(4):905-14.
- Mendes MF, Tilbery CP, Balsimelli S, Moreira MA, Cruz AMB. Teste de destreza manual da caixa e blocos em indivíduos normais e em pacientes com esclerose múltipla. *Arq Neuropsiq*. 2001;59: 889-94.
- Huter-Becker A, Dolken M. *Fisioterapia em neurologia*. 1 ed. São Paulo: Santos, 2008: 98-110.
- Blackburn M, Vliet, PV, Mockett, SP. Reliability of measurements obtained with the modified Ashworth scale in the lower extremities of people with stroke. *Phys Ther*. 2002; 82(1):25-34.
- Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, 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: 1477-84.
- Kalra L, Ratan R. Recent Advances in Stroke Rehabilitation. *Stroke*. 2006;38:235-237.
- Jang SH, You SH, Hallett M, et al. Cortical reorganization and associated functional motor recovery after virtual reality in patients with chronic stroke: an experimenter-blind preliminary study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005; 86: 2218-23.
- You SH, Jang SH, Kim YH, et al. Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: an experimenter-blind randomized study. *Stroke*. 2005;36:1166-71.
- Lameira AP, Gonzaga G, Pereira A. *Neurônios espelho*. *Psicologia USP*, 2006, 17(4), 123-133.
- Piron L, Turolla A, Agostini M, et al. Exercises for paretic upper limb after stroke: a combined virtual-reality and telemedicine approach. *J Rehabil Med*. 2009; 41: 1016-20.
- Saposnik G, Levin M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Stroke*. 2011; 42: 1380-6.
- Merians AS et al. Virtual Reality-Augmented Rehabilitation for Patients Following Stroke. *Phys Ther*. 2002; 82: 898-915.
- O'Dwyer NJ, Ada L, Neilson PD. Spasticity and muscle contracture following stroke. *Guarantors of Brain*. 1996;119: 1737-49.
- Elovic EP, Simone LK, Lafonte R. Outcome assessment for spasticity management in the patient with traumatic brain injury: the state de art. *J Head Trauma Rehabil*. 2004;19(2):155-77.
- Laver K, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Virtual Reality for Stroke Rehabilitation. *Stroke*. 2012; 43:e20-e21.
- Fouls RA, Saxe DM, Joyce AW, et al. Sensory-motor enhancement in a virtual therapeutic environment.

Endereço para correspondência

Prof. Antonio Vinicius Soares
Rua São José, 490 - Centro
Joinville - SC - 89202-010
E-mail: a.vini@ig.com.br