

# Efetividade da reabilitação virtual no equilíbrio corporal e habilidades motoras de indivíduos com *déficit* neuromotor: uma revisão sistemática

## Effectiveness of the virtual rehabilitation on body balance and motor abilities of individuals with neuromotor impairment: a systematic review

Renato Sobral Monteiro Junior<sup>1</sup>  
Elirez Bezerra da Silva<sup>2</sup>

1. Ciências do Exercício e do Esporte, Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, Brasil; Grupo de Pesquisa Clínica Escola FIT/UGF, Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, Brasil; Departamento de Educação Física da Clínica Fisioprime Fisioterapia, Rio de Janeiro, Brasil; International Society for Virtual Rehabilitation, Highland Park, New Jersey, USA.

2. Curso de Graduação em Fisioterapia, Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro Brasil; Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciências do Exercício e do Esporte, Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, Brasil; Grupo de Pesquisa Clínica Escola FIT/UGF, Universidade Gama Filho. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

### Resumo

As capacidades físicas são reduzidas em indivíduos com prejuízo neuromotor. O equilíbrio e a motricidade são afetados por enfermidades no sistema nervoso. A realidade virtual (RV) tem sido utilizada para a recuperação do equilíbrio e função motora desses indivíduos, mas sua efetividade é pouco conhecida. O objetivo do presente estudo foi identificar e analisar estudos que investigaram a efetividade da tecnologia virtual na reabilitação do equilíbrio corporal e habilidades motoras de indivíduos com déficit neuromotor. Foram incluídos ensaios clínicos e/ou experimentos controlados e randomizados publicados em inglês e português entre 2001 e 2011, que utilizaram como terapia exercícios com RV para indivíduos de ambos os gêneros, com enfermidades neurológicas e idade igual ou superior a 45 anos. As bases de dados consultadas foram: *Medline*, *BVS*, *PEDro* e *SciELO*. Também foram considerados estudos encontrados nas referências de outras revisões. Para avaliação da qualidade científica dos artigos utilizou-se a escala *PEDro*. Estudos com o mínimo de 6 pontos nessa escala foram incluídos e analisados, totalizando sete estudos. As médias do tamanho do efeito da reabilitação virtual para o equilíbrio corporal ( $0,50 \pm 0,35$ ) e para as habilidades motoras ( $0,52 \pm 0,34$ ) foram superiores às de outras intervenções ( $0,17 \pm 0,16$  e  $0,25 \pm 0,22$  respectivamente). A RV mostrou-se efetiva na reabilitação do equilíbrio corporal e habilidades motoras de indivíduos com déficit neuromotor, mas a quantidade de evidências ainda é limitada. Apesar do efeito positivo apresentado, o método deve ser utilizado com atenção e também pesquisado em sujeitos com outros quadros clínicos.

**Palavras-chave:** Reabilitação; Exercício físico; Tecnologia virtual.

### Abstract

The physical capabilities are reduced in individuals with neuromotor damage. The balance and motor skills are affected by diseases in the nervous system. Virtual reality (VR) has been used to balance recovery and motor function these individuals, but its effectiveness is not fully known. The aim of this study was to identify and analyze studies that investigated the effectiveness of virtual technology in the rehabilitation of the body balance and motor skills of individuals with neuromotor deficits. We included clinical trials and / or randomized controlled trials published in English and Portuguese between 2001 and 2011, wich used with VR exercises as therapy for individuals of both genders, aged 45 years or more with neurological disorders. The following databases were consulted: *Medline*, *BVS*, *SciELO* and *PEDro*. Studies found in the references were also considered for further reviews. The *PEDro* scale was used to evaluate the scientific quality of articles. Studies with a minimum of 6 points on this scale were included and analyzed, totalling of seven studies. The mean effect size for the virtual rehabilitation body balance ( $0.50 \pm 0.35$ ) and motor skills ( $0.52 \pm 0.34$ ) were better to other interventions ( $0.17 \pm 0.16$  and  $0.25 \pm 0.22$  respectively). VR proved to be effective in the rehabilitation of the body balance and motor skills of individuals with neuromotor deficits although the amount of evidence is still limited. Despite the positive effect shown the method should still be used with care and also studied in subjects with other conditions.

**Keywords:** Rehabilitation; Physical exercise; Virtual technology.

### ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA

Renato Sobral Monteiro Junior  
Rua Manoel Vitorino, 553  
Piedade - Rio de Janeiro - RJ  
20740-900  
e-mail: renatoprofedfis@hotmail.com

• Recebido: 01/09/2011  
• Re-submissão: 10/11/2011  
17/02/2012  
27/03/2012  
• Aceito: 29/03/2012

Você pode ter acesso a este artigo na sua **versão em inglês** no site da Sociedade Brasileira de Atividade Física & Saúde ([www.sbfafs.org.br](http://www.sbfafs.org.br))

## INTRODUÇÃO

As alterações no equilíbrio corporal e nas habilidades motoras em indivíduos com lesão no sistema nervoso vêm sendo estudadas há anos<sup>1,2</sup>. A redução das informações sensoriais resultantes da lesão neural leva ao declínio da capacidade de controle do equilíbrio corporal<sup>3</sup>, enquanto as habilidades motoras são afetadas principalmente pelos distúrbios na atividade cortical e desuso dos membros afetados<sup>4,5</sup>. Além disso, o processo de envelhecimento implica em uma piora nas habilidades neuromotoras<sup>6</sup>. A quantidade e frequência de exercícios específicos promovem o aumento do desempenho motor<sup>1</sup> e as atividades que envolvem a sustentação da massa corporal melhoram o controle do equilíbrio<sup>7-9</sup>.

Desde a década de 1990<sup>10,11</sup>, as terapias e treinamentos com a utilização da realidade virtual vêm sendo pesquisados. Essa intervenção tem sido empregada na reabilitação com inúmeros recursos integrados, o que diferencia os tipos de tratamento. Dentre tais recursos, associados ao *feedback* extrínseco, vale destacar o uso da robótica<sup>12</sup> (aparato no qual o indivíduo pode vesti-lo e obter estímulos táteis), telereabilitação<sup>13</sup> (computador instalado no domicílio do indivíduo para que realize o treinamento com estímulo visual em casa, monitorado e orientado pelo pesquisador em seu laboratório) e imersão<sup>14</sup> (o indivíduo se situa em um ambiente cenográfico e recebe o *feedback* visual e auditivo).

Benefícios do exercício físico com realidade virtual têm sido alcançados para a melhora da aptidão física<sup>15</sup>, enquanto na reabilitação, os ambientes virtuais estão sendo utilizados como alternativa nos tratamentos de pessoas portadoras de sequelas de acidente vascular encefálico (AVE) com déficit motor e/ou equilíbrio corporal prejudicado<sup>13,16,17</sup>. Alterações importantes no padrão de atividade cortical parecem ocorrer nos indivíduos pós-AVE após a execução de movimentos em ambiente virtual<sup>18</sup>. Essa melhora do desempenho motor pode ser sustentada em indivíduos pós-AVE engajados em programas de reabilitação virtual, pois a transferência de aprendizagem motora do ambiente virtual para o ambiente real tem se mostrado eficaz<sup>19</sup>. Quanto ao equilíbrio corporal, melhorias significativas no desempenho da marcha após treinamento com realidade virtual têm sido demonstradas<sup>20</sup>. Todas essas alterações, aparentemente positivas no desempenho neuromotor, parecem ocorrer devido ao mecanismo de neuroplasticidade<sup>5,18,21</sup>, em que neurônios sadios assumem funções de neurônios comprometidos<sup>5</sup>.

Além do baixo custo e viabilidade na utilização do treinamento virtual<sup>9</sup>, a quantidade de informações sensoriais fornecidas por esses sistemas parece ser um forte elemento para a aquisição do equilíbrio corporal e melhora da função motora<sup>13,22</sup>. Essas variáveis são fundamentais para a execução das atividades da vida diária (AVDs), especialmente para pessoas com dano cerebral<sup>23,24</sup>. O *feedback* visual externo fornecido pelo ambiente virtual promove um aumento de desempenho para essas variáveis<sup>9,13</sup>. Entretanto, existem relatos de que a utilização de alguns desses sistemas, sem adequada orientação, pode provocar lesões ortopédicas<sup>25-27</sup>, e não parece alterar a atividade cortical em indivíduos saudáveis<sup>28</sup>, além de trazer resultados pouco conclusivos para a função motora<sup>12</sup>.

Devido às divergentes informações sobre o tema, delineamentos e procedimentos confusos dos estudos contidos na literatura e crescente aplicação clínica da reabilitação virtual, há a necessidade de uma revisão panorâmica sobre este assunto para uma tomada de decisão mais consciente em relação às intervenções com o novo método. Portanto, o objetivo da presente revisão sistemática foi identificar e analisar

os estudos que investigaram a efetividade no uso da tecnologia virtual na reabilitação do equilíbrio corporal e habilidades motoras de indivíduos com déficit neuromotor.

## MÉTODOS

### Tipo de estudo

O presente estudo caracteriza-se por uma revisão sistemática da literatura, a qual é baseada em procedimentos metodológicos de avaliação dos artigos incluídos, explicitando aspectos qualitativos e quantitativos desses estudos.

### Estratégias de busca dos estudos

Foram analisados os estudos originais sobre a efetividade da tecnologia virtual por *feedback* visual na reabilitação do equilíbrio corporal e habilidades motoras de indivíduos com déficit neuromotor publicados nas línguas inglesa e portuguesa entre os anos de 2001 e 2011, existentes nas bases de dados *National Library of Medicine (Medline)*, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) com fontes de busca integradas (LILACS, IBECs, *Medline*, CidSaúde, DESASTRES, HISA, HOMEINDEX, *MedCarib*, REPIDISCA, PAHO, WHOLIS, LIS e Biblioteca *Cochrane*), *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)* e *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*. Para cada base de dados foram utilizadas combinações de descritores e termos e seus respectivos sinônimos em inglês ou português. Tais sinônimos foram obtidos após identificação nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), sendo respectivamente: realidade virtual, reabilitação virtual, jogos para saúde, equilíbrio postural, equilíbrio corporal, equilíbrio, habilidade motora, habilidade funcional, função motora, autonomia funcional, atividades da vida diária e atividades cotidianas. Somente os termos "equilíbrio postural", "equilíbrio" e "atividades cotidianas" foram traduzidos para o inglês pela plataforma DeCS. Após tal procedimento os sinônimos referentes aos vocábulos traduzidos foram identificados no *Medical Subject Headings (MeSH)*. Ainda foram incluídos na busca os termos: *Wii gaming*, *Wii Balance Board*, *Wii Fit Plus*, *Nintendo Wii* e *exergames*. Sempre que a base de dados permitia delimitar a idade, esta foi selecionada entre 45 e 80 anos. A estratégia de busca dos estudos está descrita no QUADRO 1. Um total de 63 estudos foi recuperado nas bases utilizadas. Também foram utilizados estudos identificados nas listas de referências de outras revisões e de estudos sobre o tema, totalizando dez estudos. A quantidade total de artigos incluídos na presente revisão foi de 73 estudos. Todo o procedimento foi realizado por um único pesquisador.

### Critérios de inclusão dos estudos

Foram considerados para esta revisão os ensaios clínicos e/ou experimentos controlados e randomizados que utilizaram como terapia ou treinamento sistemas de realidade virtual, em que participaram indivíduos com idade superior a 45 anos, com enfermidade neurológica, acarretando na redução do equilíbrio corporal e habilidades motoras.

### Critérios de seleção dos estudos

A seleção foi iniciada pela verificação da coerência entre o título e o objetivo de cada estudo, seguidos da leitura dos resumos. Foram excluídos os artigos em que o resumo deixava claro que não se tratava de estudo sobre a efetividade da tecnologia virtual por *feedback* visual na reabilitação do equilíbrio corporal e habilidades motoras de indivíduos com déficit neuromotor e/ou não informava claramente os proce-

Bases de dados	Estratégia de busca	Nº de estudos encontrados
Medline	<b>Palavras-título – 1ª busca:</b> <i>Wii gaming OR Wii balance board OR Wii fit plus OR Nintendo Wii OR virtual reality OR virtual rehabilitation OR games for health OR exergames OR Wii</i>	1.696
	<b>2ª Busca:</b> <i>anterior AND postural balance OR balance, postural OR postural equilibrium OR equilibrium, postural OR balance OR musculoskeletal equilibrium OR equilibrium, musculoskeletal</i>	20.816
	<b>3ª Busca:</b> <i>anteriores AND activities of daily living OR activities, daily living OR activity, daily living OR daily living activities OR daily living activity OR living activities, daily OR living activity, daily OR ADL.</i>	384
	<b>4ª Busca:</b> <i>Anteriores AND delimitadores de tipo de estudo: Randomized Controlled Trials, Clinical Trials, Controlled Clinical Trials; Year: 45-64 years; =65 years; =80 years Species: Humans Sex: males AND females</i>	19
BVS	<b>Campos:</b> título; aspecto clínico; assunto principal; limites; ano de publicação; tipo de estudo <b>Palavras-título:</b> <i>Wii gaming; Wii Balance Board; Wii Fit Plus; Nintendo Wii; reabilitação virtual; realidade virtual; reabilitação virtual; jogos para saúde; equilíbrio; equilíbrio postural; equilíbrio corporal; habilidade funcional; habilidade motora; função motora; autonomia funcional; atividades da vida diária; atividades cotidianas.</i>	19
PEDro	<b>Campos:</b> apenas título; método; ano de publicação; subdisciplina <b>Palavras-título:</b> <i>Wii gaming; Wii Balance Board; Wii Fit Plus; Nintendo Wii; virtual rehabilitation; games for health; exergames; postural balance; balance, postural; postural equilibrium; equilibrium, postural; balance; musculoskeletal equilibrium; equilibrium, musculoskeletal; activities of daily living; activities, daily living; activity, daily living; daily living activities; daily living activity; living activities, daily; living activity, daily; ADL.</i>	17
SciELO	<b>Campos:</b> título; aspecto clínico; assunto principal; limites; ano de publicação; tipo de estudo <b>Palavras-título:</b> <i>Wii gaming; Wii Balance Board; Wii Fit Plus; Nintendo Wii; virtual rehabilitation; games for health; exergames; postural balance; balance, postural; postural equilibrium; equilibrium, postural; balance; musculoskeletal equilibrium; equilibrium, musculoskeletal; activities of daily living; activities, daily living; activity, daily living; daily living activities; daily living activity; living activities, daily; living activity, daily; ADL</i>	8

dimentos metodológicos e os principais resultados. Após a leitura dos títulos e resumos, foram utilizados para a avaliação da qualidade metodológica dos estudos os critérios da escala PEDro<sup>29</sup>. A avaliação desses estudos foi realizada por um avaliador independente (fisioterapeuta), que não participou da revisão. A escala PEDro contém 11 critérios considerados na pontuação de um artigo, porém o primeiro critério é mantido apenas para caracterização da lista de Delphi<sup>30</sup>. Portanto, a escala PEDro fornece um escore de 10 pontos, nos quais os critérios de pontuação foram desenvolvidos por um consenso de especialistas. A escala auxilia na identificação dos ensaios clínicos randomizados ou quase randomizados, favorecendo a análise dos pesquisadores em relação ao teor científico das informações. Cada critério equivale a um ponto. Quando um critério é satisfeito admite-se um ponto, caso contrário nenhum ponto. Os critérios da escala são: 1) Especificação dos critérios de elegibilidade; 2) Distribuição aleatória dos sujeitos para os grupos; 3) Distribuição cega dos sujeitos; 4) Homogeneidade dos grupos quanto à variável resposta inicial; 5) Participação cega dos sujeitos; 6) Tratamento cego; 7) Avaliação cega; 8) Mortalidade experimental de até 15%; 9) Execução integral do tratamento proposto; 10) Comparação inter grupos; 11) Resultados em média, desvio padrão e nível de significância.

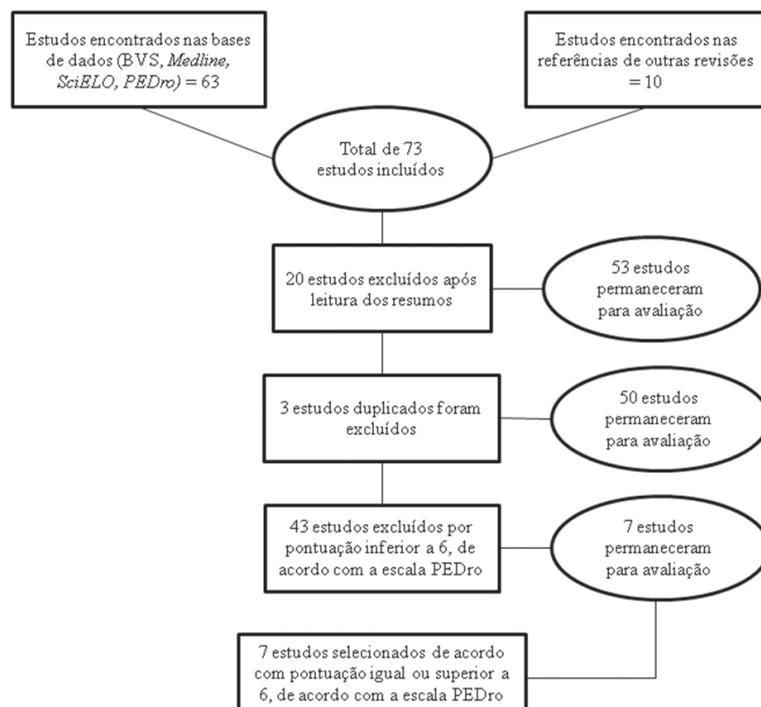
Entretanto, estudos com intervenção por tratamento ou

treinamento não atendem aos critérios 5 e 6 da escala original, atribuindo-se pontuação em apenas oito critérios. Portanto para que o estudo fosse selecionado para as análises foi estabelecido um valor de corte de no mínimo seis pontos (75% dos oito critérios).

## RESULTADOS

Dos 73 estudos incluídos somente sete foram selecionados para análise (FIGURA 1), com escores que variaram de seis a oito pontos. Os estudos foram agrupados num banco de dados. As principais informações retiradas dos artigos foram os valores de média e desvio padrão das variáveis relacionadas ao equilíbrio corporal e habilidades motoras, além do nível de significância (valor de P) entre as comparações intra e inter grupos. Para analisar os efeitos das intervenções sobre cada grupo de cada artigo foi utilizado o cálculo do tamanho do efeito intragrupos<sup>31</sup>. Posteriormente foi calculada a média do tamanho do efeito de todos os grupos. Os resultados foram organizados de acordo com a variável pesquisada e o instrumento de avaliação (TABELAS 1, 2 e 3). Foram considerados efetivos os estudos que apresentaram melhora significativa intra e intergrupos para pelo menos uma variável relacionada às habilidades motoras ou ao equilíbrio corporal.

Dos sete estudos que avaliaram as habilidades motoras,



**Figura 1** Fluxograma dos estudos selecionados.

**Tabela 1** Tamanho do efeito intra-grupos (habilidades motoras observadas em testes clínicos) dos estudos selecionados.

Autor/Ano	Amostra	Idade (anos)	Teste	Pré (M ± DP)	Pós (M ± DP)	Follow-up	TE <sub>Intra</sub>
Lam (2006) <sup>33</sup>	RV = 20	70 ± 15	MTRS	38,4 ± 15,8	49,1 ± 15,5*		0,67
	C = 16	70 ± 15		25,0 ± 19,8	34,6 ± 17,1*		0,48
	RV		MTRSE	61,0 ± 33,0	72,3 ± 26,2*		0,34
	C			30,5 ± 39,4	51,3 ± 32,9*		0,52
Piron (2009) <sup>13</sup>	RV = 18	66 ± 7	FMUE	48,5 ± 7,8	53,6 ± 7,7* #	53,1 ± 7,3	0,65
	C = 18	64 ± 7		47,3 ± 4,6	49,5 ± 4,8*	48,8 ± 5,1	0,47
Saponsnik (2010) <sup>17</sup>	RV = 11	55 <sup>†</sup>	WMFT	29,5s <sup>†</sup>	19,8s <sup>†</sup>	19s IC -10,5 (-19,3; -1,8)	-
	C = 11	67 <sup>†</sup>		39,7s <sup>†</sup>	37,4s <sup>†</sup>	25,7s IC -14 (-32,1; 4,1)	-
Kim (2009) <sup>20</sup>	RV = 12	52 ± 8	MMAS	3,9 ± 0,5	4,7 ± 0,6 <sup>§</sup> #		1,63
	C = 12	52 ± 8		4,1 ± 0,3	4,1 ± 0,3 <sup>§</sup>		0
Gil-Gomez (2011) <sup>32</sup>	RV = 9	47 <sup>†</sup>	STp	6,7 ± 3,5	7,6 ± 4,0		0,24
	C = 8	47 <sup>†</sup>		6,5 ± 2,3	7,5 ± 2,4*		0,43
	RV		STn	9,3 ± 2,8	10,5 ± 3,0		0,41
	C			8,1 ± 1,7	9,5 ± 3,3*		0,77
	RV		TST	15,3 ± 9,6	13,5 ± 9,6		0,19
	C			14,8 ± 9,4	12,1 ± 4,9		0,28
	RV		1MWT	31,9 ± 12,4	42,6 ± 20,4		0,86
	C			31,1 ± 13,5	36,3 ± 15,3*		0,38
	RV		10MT	15,4 ± 8,2	13,4 ± 10,6		0,24
	C			14,5 ± 10,9	14,0 ± 9,0		0,04
	RV		TUG	20,9 ± 15,1	18,6 ± 13,4		0,15
	C			24,0 ± 14,8	19,5 ± 10,9*		0,3
RV		30SST	7,5 ± 4,1	9,0 ± 4,7		0,34	
C			6,8 ± 3,5	8,5 ± 3,1*		0,46	
<b>TE Total RV</b>							0,52
<b>TE Total C</b>							0,38

M ± DP- média ± desvio padrão; TE<sub>Intra</sub>- tamanho do efeito intra-grupos; FMUE - Fugl-Myer Upper Extremity; WMFT - Wolf Motor Function Test; Est.- esteira; MMAS - Modified Motor Assessment Scale; MTRS - MTR Skills; MTRS - MTR self-efficacy rating scale; STp - Stepping Test paretic; STn - Stepping Test non-paretic; TST - Timed Star Test; 1MWT - 1-Minute; Walking Test; 10MT- 10-m Walking Test; TUG - Time "up and go" Test; 30SST - 30-s Sit-to-stand Test; RV - Grupo Realidade Virtual; C - grupo sem Realidade Virtual; † - não informado o valor de desvio padrão; TE Total - média do TE<sub>Intra</sub> dos estudos; \* P < 0,05 intra-grupos; # P < 0,05 inter-grupos; § não apresentado valor de P intra-grupos.

Tabela 2

## Tamanho do efeito intra-grupos (habilidades motoras observadas com análise cinemática) dos estudos selecionados.

Autor/Ano	Amostra	Idade (anos)	Teste	Pré (M ± DP)	Pós (M ± DP)	Follow-up	TE <sub>Intra</sub>
Mirelman (2010) <sup>16</sup>	RV = 9	62 <sup>†</sup>	VC (m/s)	0,65 <sup>†</sup>	0,81 <sup>†*</sup>	0,7 ± 0,1*	-
	C = 9	62 <sup>†</sup>		0,67 <sup>†</sup>	0,68 <sup>†</sup>	0,6 ± 0,2	-
Yang (2008) <sup>22</sup>	RV = 11	55 ± 1	VCE (m/s)	0,6 ± 0,3	0,8 ± 0,3* <sup>#</sup>	0,8 ± 0,3*	0,53
	C = 9	61 ± 9		0,7 ± 0,5	0,7 ± 0,6	0,7 ± 0,7	0,03
	RV		TP(min)	23,1 ± 19,1	16,9 ± 18,3* <sup>#</sup>	15,7 ± 19,2*	0,32
	C			22,5 ± 26,0	20,6 ± 24,6*	19,9 ± 23,6*	0,07
Kim (2009) <sup>20</sup>	RV = 12	52 ± 8	VC (m/min)	48,6 ± 20,4	64,0 ± 22,6 <sup>§</sup>		0,75
	C = 12	52 ± 8		44,4 ± 10,1	46,7 ± 13,0 <sup>§</sup>		0,22
	RV		CP (p/min)	71,1 ± 13,8	82,4 ± 20,1* <sup>#</sup>		0,81
	C			73,2 ± 21,6	73,5 ± 21,9		0,01
	RV		TPa (s)	0,9 ± 0,1	0,8 ± 0,1* <sup>#</sup>		0,38
	C			0,9 ± 0,2	0,9 ± 0,2		0
	RV		CPa (cm)/AC	31,5 ± 7,6	35,6 ± 9,0* <sup>#</sup>		0,52
	C			30,9 ± 4,8	31,5 ± 6,2		0,12
TE Total RV							0,55
TE Total C							0,07

M ± DP - média ± desvio padrão; VC - velocidade da caminhada; VCE - velocidade da caminhada em esteira; TP - tempo do percurso; CP - cadência do passo; TPa - tempo do passo; CPa - comprimento do passo; TE<sub>Intra</sub> - tamanho do efeito intra-grupos; RV - Grupo Realidade Virtual; C - grupo sem Realidade Virtual; † - não informado o valor de desvio padrão; TE Total - média do TE<sub>Intra</sub> dos estudos; \* P < 0,05 intra-grupos; # P < 0,05 inter-grupos; § não apresentado valor de P intra-grupos.

Tabela 3

## Tamanho do efeito intra-grupos (testes clínicos para equilíbrio corporal) dos estudos selecionados.

Autor/Ano	Amostra	Idade (anos)	Teste	Pré (M ± DP)	Pós (M ± DP)	Follow-up	TE <sub>Intra</sub>
Kim (2009) <sup>20</sup>	RV = 12		BBS	44,42±5,99	51,17±4,02 <sup>§</sup>		1,12
	C = 12			46,67±3,75	48,25±4,22		0,42
Gil-Gomez (2011) <sup>32</sup>	RV = 9		BBS	41,22±10,57	45,44±8,62* <sup>#</sup>		0,39
	C = 8			45,38±7,35	46,88±6,15*		0,2
	RV		BBA	10±2	10,33±2,18		0,16
	C			11±1,31	11,13±1,13*		0,09
	RV		ARTst	24,13±7,70	27,25±10,38* <sup>#</sup>		0,4
	C			25,44±9,33	25,63±9,74*		0,02
	RV		ARTsit	34,83±11,92	37,78±12,34		0,24
C			40,06±6,89	40,13±7,66		0,01	
TE Total RV							0,46
TE Total C							0,17

M ± DP - média ± desvio-padrão; RV - Grupo Realidade Virtual; C - grupo sem Realidade Virtual; TE<sub>Intra</sub> - tamanho do efeito intra-grupos; BBS - Berg Balance Scale; BBA - Brunel Balance Assessment; ARTst - Anterior Reach Test Standing; ARTsit - Anterior Reach; Test Sitting; TE Total - média do TE<sub>Intra</sub> dos estudos; \* P < 0,05 intra-grupos; # P < 0,05 inter-grupos; § não apresentado valor de P intra-grupos.

quatro<sup>16, 17, 32, 33</sup> apresentaram melhoras significativas apenas intragrupos, enquanto três estudos<sup>13, 20, 22</sup> mostraram aumento significativo do desempenho entre os grupos. De acordo com o rigor científico no desenho metodológico desses estudos e seus resultados, a reabilitação virtual foi considerada efetiva para a recuperação das habilidades motoras de indivíduos com déficit neuromotor.

Para o equilíbrio corporal, os três estudos<sup>20, 22, 32</sup> selecionados nesta revisão apresentaram melhora significativa do desempenho, sendo considerada a efetividade da reabilitação virtual na recuperação do equilíbrio corporal de indivíduos com déficit neuromotor. Vale ressaltar que parte dos dados de um dos estudos<sup>22</sup>, cujos instrumentos utilizados foram questionários de autorresposta, não foram inseridos em nenhuma das tabelas. Entretanto os resultados significativos para a melhora do controle do equilíbrio corporal intra (P<0,05) e inter-grupos (P<0,05) encontrados foram considerados.

## DISCUSSÃO

O *feedback* visual extrínseco, possibilitando auto-ajustes neuromusculares a indivíduos com prejuízo motor, é uma estratégia que vem sendo utilizada há muito tempo<sup>34</sup> e pode ter sido um dos fatores mais importantes para a motivação dos pesquisadores pioneiros na área de reabilitação virtual. Os resultados do presente estudo mostraram que o uso da tecnologia virtual por *feedback* visual na reabilitação do equilíbrio corporal e habilidades motoras de indivíduos com déficit neuromotor se mostrou efetivo para a recuperação de pessoas com prejuízo neurológico. Um importante fator a ser considerado é que esses resultados expressam o que tem ocorrido nos últimos anos acerca do tema. Entretanto, alguns dos estudos selecionados nesta revisão não são totalmente claros<sup>16, 33</sup>, pois adotam desenhos metodológicos pouco explicados e não demonstram corretamente a aplicação da análise estatística e os níveis de significância encontrados nas compa-

rações<sup>20</sup>. Além disso, um dos estudos<sup>17</sup> atribui resultado positivo para a reabilitação virtual sem realizar análise estatística intergrupos. Esses pesquisadores obtiveram resultados positivos para a recuperação da função motora tanto no grupo que recebeu tratamento com realidade virtual quanto no grupo que realizou fisioterapia convencional. Apesar dos resultados parecerem superiores para a reabilitação virtual, não podemos negligenciar a ausência de testes estatísticos para a comparação entre os grupos, que demonstraria a superioridade de uma intervenção em relação à outra.

Resultados encorajadores com o uso da realidade virtual na reabilitação da marcha foram mostrados por *Mirelman et al*<sup>16</sup>. Aumento na velocidade da caminhada como também na potência gerada pelo tornozelo foram identificados. Entretanto, os pesquisadores não informaram a realização da comparação estatística intergrupos para demonstrar as diferenças, bem como não foram apresentados os níveis de significância intra-grupos para a potência do tornozelo. Comparando os valores médios das variáveis apresentadas é possível identificar melhora no grupo que utilizou como recurso a realidade virtual. Entretanto, apesar de promissores, os resultados se mostrariam mais consistentes se houvesse a apresentação da comparação das respostas entre os grupos testados, assim como os níveis de significância para ambas as comparações (intra e intergrupos). Outro fator de extrema importância para uma afirmação mais confiável sobre as respostas pós-intervenção é a explanação das diferenças entre os grupos no momento pré-intervenção, o qual fortaleceria os resultados finais caso a hipótese nula não fosse rejeitada.

Embora poucos artigos apresentem clareza nos procedimentos e explicação dos resultados, *Piron et al*<sup>13</sup> mostraram alto teor científico no desenho do estudo, realizando um experimento randomizado, controlado e com cegamento na avaliação. Além disso, os autores apresentaram os valores de média e desvio padrão de cada variável estudada e o nível de significância encontrado para todas as comparações intra e intergrupos. Nesse estudo, a melhora da função motora foi alcançada após um período de treinamento de quatro semanas, com frequência semanal de cinco sessões e duração de uma hora cada. O volume do treinamento pode ter sido fundamental para o resultado obtido, pois a massificação das atividades com a repetitividade e intensidade das tarefas resultou num melhor desempenho motor. Esse efeito é esperado, pois a repetição de tarefas, assim como a intensidade, aumenta a perspectiva de aprendizagem motora<sup>1</sup>. Entretanto, não houve retenção do efeito na reavaliação após um mês do término do treinamento, apesar da variável ter apresentado valores muito similares ao período pós-intervenção para ambos os grupos. Como os dados analisados são originados de uma variável ordinal e a análise estatística realizada não foi paramétrica, é possível que alguma informação tenha sido perdida, explicando a diferença não significativa encontrada um mês após o término da intervenção.

Outros dados que merecem atenção foram encontrados no recente estudo de *Gil-Gomez et al*<sup>22</sup> ao utilizarem o sistema *eBaViR*, que foi testado em outro momento pelo mesmo grupo de pesquisadores<sup>9</sup> para a avaliação e treinamento do equilíbrio corporal. Esse estudo foi controlado, randomizado e com cegamento na avaliação, o que representa os cuidados com o rigor científico dos pesquisadores. Os resultados parecem ser efetivos para o treinamento virtual em relação ao equilíbrio corporal estático. Entretanto, a utilização do recurso de realidade virtual não se mostrou eficaz para o equilíbrio corporal dinâmico. Os pesquisadores alegam a possibilidade dos testes

utilizados para avaliação do equilíbrio corporal dinâmico não serem sensíveis o suficiente para detectar as alterações esperadas. Nesses testes foi evidenciada a superioridade da terapia tradicional em relação à virtual. Numa análise geral, nesse estudo a terapia por realidade virtual se mostrou melhor em apenas dois testes, num total de onze. Apesar da qualidade do desenho e quantidade de testes realizados, esse estudo não apresentou uma medida do equilíbrio corporal com maior sensibilidade, como seria o caso de uma plataforma de força. Da mesma forma, *Yang et al*<sup>22</sup> avaliaram o equilíbrio corporal e a habilidade de caminhar com uma escala e um questionário. Apesar de esse estudo demonstrar efetividade da reabilitação virtual, é importante notar que a aplicação de um instrumento de medida mais sensível nas avaliações poderia não somente apresentar resultados consideravelmente melhores para as variáveis estudadas, mas também aumentaria a consistência das informações.

Uma proposta interessante de utilização da tecnologia virtual é o treinamento das habilidades motoras instrumentais, como *Lam et al*<sup>23</sup> fizeram ao submeter indivíduos pós-AVE a um programa simulador de tarefas cotidianas. Entretanto, ao avaliarem as respostas, tanto o grupo que treinou com realidade virtual, quanto o grupo que assistiu a um vídeo psicoeducacional apresentaram melhora, mas sem diferença entre os grupos. As informações mostram uma nova perspectiva de treinar tais habilidades, mas infelizmente não sustentam a efetividade do tratamento com tecnologia virtual em relação ao outro método.

Resultados importantes foram encontrados por *Kim et al*<sup>20</sup>, que investigaram as alterações no equilíbrio corporal e função motora de indivíduos pós-AVE. Os pesquisadores constataram melhora no controle do equilíbrio corporal, melhor desempenho no teste motor e aumento na velocidade da caminhada, assim como mudanças positivas de outras variáveis relacionadas à marcha. Entretanto, embora esse estudo tenha demonstrado bons resultados para a reabilitação virtual, os pesquisadores não deixaram claro o nível de significância encontrado nas análises intra-grupos. Apesar de terem sido apresentados os valores de significância nas comparações entre os grupos, expressar o valor de  $\alpha$  nas comparações intra-grupos poderia dar maior sustentação aos argumentos sobre os efeitos obtidos com a intervenção aplicada.

A principal explicação fisiológica para a melhora no desempenho das variáveis estudadas é a reorganização cortical, ocorrida durante a realização de movimentos induzidos, resultando no mecanismo de neuroplasticidade<sup>5</sup>. Esse fenômeno é otimizado quando é fornecido algum tipo de *feedback* extrínseco<sup>35</sup>. A informação visual proporcionada pela realidade virtual parece estar intimamente envolvida no aumento do desempenho em indivíduos com prejuízo neurológico, sendo a principal responsável pela melhora no controle motor<sup>18, 21, 35</sup>. Considerando que essa terapia exige movimentos sistematizados, realizados com frequência semanal média de três vezes e sessões entre trinta e sessenta minutos de duração, especulamos que adaptações neurais crônicas importantes ocorram em função desse treinamento, como o aumento dos fatores neurotróficos (BDNF, VEGF e IGF-1)<sup>36</sup>. Tais fatores têm um papel fundamental na sinalização química para a neurogênese e angiogênese, o que pode aumentar os desempenhos cognitivos e motor. Entretanto, nenhum dos estudos abordados na presente revisão investigou tais mecanismos e, portanto, isso é apenas uma suposição.

As descobertas sobre o equilíbrio corporal e habilidades motoras de indivíduos submetidos a programas de tarefas

orientadas por realidade virtual parecem promissoras. Contudo, para que as afirmações acerca da efetividade da reabilitação virtual sejam concretizadas, muitos ajustes são necessários aos estudos futuros, evitando a atribuição de resultados positivos ao método, quando na realidade podem ocorrer em função de erros, como no recrutamento dos sujeitos (ex. experiência em reabilitação virtual) ou falha nos procedimentos de familiarização, acarretando contaminação por efeito da aprendizagem.

É importante destacar que a presente revisão sistemática reuniu os estudos publicados num intervalo de 10 anos, garantindo uma abordagem panorâmica e objetiva sobre o tema. Além disso, a avaliação dos estudos realizada por um pesquisador independente restringiu qualquer possibilidade de viés nos achados. Entretanto, a adoção do ponto de corte (escore da Escala PEDro  $\geq 6$ ) na avaliação dos artigos não levou em consideração itens que talvez limitassem a inclusão de alguns estudos, como por exemplo a não aplicação de análise estatística entre grupos.

Conclui-se que a reabilitação virtual mostra-se uma técnica útil, tanto para a recuperação da função motora quanto do equilíbrio corporal em pessoas com comprometimento neuromotor, além de propiciar aspectos motivacionais. Entretanto, apesar desse efeito positivo para a função motora e equilíbrio corporal, a limitação metodológica de alguns estudos deixa clara a necessidade de avanços nesse campo de pesquisa. Portanto, o método ainda deve ser utilizado com bastante atenção e também deve ser pesquisado em grupos de sujeitos com outros quadros clínicos.

### Contribuição dos autores

Renato Sobral Monteiro Junior – Concepção do tema, construção do texto, formulação do objetivo, estratégia de busca dos estudos, síntese e análise dos estudos.

Elirez Bezerra da Silva – Formulação do objetivo, estratégia de busca dos estudos, síntese dos estudos, ajustes metodológicos, revisão do manuscrito.

### Agradecimentos

Agradecemos a Cíntia Pereira de Souza pela participação na avaliação cega dos artigos incluídos na revisão.

### REFERÊNCIAS

- Whitall J, McCombe Waller S, Silver KH, Macko RF. Repetitive bilateral arm training with rhythmic auditory cueing improves motor function in chronic hemiparetic stroke. *Stroke*. 2000;31(10):2390-5.
- Walker C, Brouwer BJ, Culham EG. Use of visual feedback in retraining balance following acute stroke. *Phys Ther*. 2000;80(9):886-95.
- Smania N, Picelli A, Gandolfi M, Fiaschi A, Tinazzi M. Rehabilitation of sensorimotor integration deficits in balance impairment of patients with stroke hemiparesis: a before/after pilot study. *Neurol Sci*. 2008;29(5):313-9.
- Taub E, Miller NE, Novack TA, Cook EW, 3rd, Fleming WC, Nepomuceno CS, et al. Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 1993;74(4):347-54.
- Liepert J, Miltner WH, Bauder H, Sommer M, Dettmers C, Taub E, et al. Motor cortex plasticity during constraint-induced movement therapy in stroke patients. *Neurosci Lett*. 1998;250(1):5-8.
- Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(7):1510-30.
- Vogler CM, Sherrington C, Ogle SJ, Lord SR. Reducing risk of falling in older people discharged from hospital: a randomized controlled trial comparing seated exercises, weight-bearing exercises, and social visits. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(8):1317-24.
- 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.
- Gonzalez-Fernandez M, Gil-Gomez JA, Alcaniz M, Noe E, Colomer C. eBaViR, easy balance virtual rehabilitation system: a study with patients. *Stud Health Technol Inform*. 2010;154:61-6.
- Holden M, Todorov E, Callaban J, Bizzi E. Virtual environment training improves motor performance in two patients with stroke: case report. *Neurol Rep*. 1999;23(2):57-67.
- Todorov E, Shadmehr R, Bizzi E. Augmented Feedback Presented in a Virtual Environment Accelerates Learning of a Difficult Motor Task. *J Mot Behav*. 1997;29(2):147-58.
- Adamovich S, Merians A, Boian R, Tremaine M, Burdea G. A virtual reality based exercise system for hand rehabilitation post-stroke: transfer to function. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2004;7:4936-9.
- Piron L, Turolla A, Agostini M, Zucconi C, Cortese F, Zampolini M, et al. Exercises for paretic upper limb after stroke: a combined virtual-reality and telemedicine approach. *J Rehabil Med*. 2009;41(12):1016-102.
- Christiansen C, Abreu B, Ottenbacher K, Huffman K, Masel B, Culpepper R. Task performance in virtual environments used for cognitive rehabilitation after traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998;79(8):888-92.
- Noah JA, Spierer DK, Tachibana A, Bronner S. Vigorous Energy Expenditure with a Dance Exer-game. *J Exerc Physiol online*. 2011;14(4):13-28.
- Mirelman A, Patrissi BL, Bonato P, Deutsch JE. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. *Gait Posture*. 2010;31(4):433-7.
- Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, Hall J, McLroy W, Cheung D, et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke*. 2010;41(7):1477-84.
- You SH, Jang SH, Kim YH, Hallett M, Ahn SH, Kwon YH, et al. Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: an experimenter-blind randomized study. *Stroke*. 2005;36(6):1166-71.
- Merians AS, Poizner H, Boian R, Burdea G, Adamovich S. Sensorimotor training in a virtual reality environment: does it improve functional recovery post-stroke? *Neurorehabil Neural Repair*. 2006;20(2):252-67.
- Kim JH, Jang SH, Kim CS, Jung JH, You JH. Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: a double blind, randomized controlled study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2009;88(9):693-701.
- You SH, Jang SH, Kim YH, Kwon YH, Barrow I, Hallett M. Cortical reorganization induced by virtual reality therapy in a child with hemiparetic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2005;47(9):628-35.
- Yang YR, Tsai MP, Chuang TY, Sung WH, Wang RY. Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: a randomized controlled trial. *Gait Posture*. 2008;28(2):201-6.
- Gordon NF, Gulanic M, Costa F, Fletcher G, Franklin BA, Roth EJ, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council. *Circulation*. 2004;109(16):2031-41.
- Gordon NF, Gulanic M, Costa F, Fletcher G, Franklin BA, Roth EJ, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council. *Stroke*. 2004;35(5):1230-40.
- Sparks D, Chase D, Coughlin L. Wii have a problem: a review of self-reported Wii related injuries. *Inform Prim Care*. 2009;17(1):55-7.
- Eley KA. A Wii fracture. *N Engl J Med*. 2010;362(5):473-4.
- Bonis J. Acute Witiitis. *N Engl J Med*. 2007;356(23):2431-2.
- Baumeister J, Reinecke K, Cordes M, Lerch C, Weiss M. Brain activity in goal-directed movements in a real compared to a virtual environment using the Nintendo Wii. *Neurosci Lett*. 2010;481(1):47-50.
- Costa C, Cabri J. Escala de PEDro. Disponível em: <http://www.pedro.org.au/portuguese/downloads/pedro-scale>. 2009 [cited 2011 30 de maio]; Available from:
- Verhagen AP, de Vet HCW, de Bie RA, Kessels AGH, Boers M, Bouter LM, et al. The Delphi List: A Criteria List for Quality Assessment of Randomized Clinical Trials for Conducting Systematic Reviews Developed by Delphi Consensus. *J Clin Epidemiol*. 1998;51(12):1235-41.
- Hopkins WG. Institute of Sport & Recreation Research. Sport Science. Disponível em: <http://sportsci.org/will/>. 2009 [cited 2011 24 de agosto]; Available from:
- Gil-Gomez JA, Llorens R, Alcaniz 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(1):30.
- Lam YS, Man DW, Tam SF, Weiss PL. Virtual reality training for stroke rehabilitation. *Neurorehabilitation*. 2006;21(3):245-53.
- Wolf SL, Binder-MacLeod SA. Electromyographic biofeedback applications to the hemiplegic patient. Changes in lower extremity neuromuscular and functional status. *Phys Ther*. 1983;63(9):1404-13.
- Jang SH, You SH, Hallett M, Cho YW, Park CM, Cho SH, 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(11):2218-23.
- Deslandes A, Moraes H, Ferreira C, Veiga H, Silveira H, Mouta R, et al. Exercise and mental health: many reasons to move. *Neuropsychobiology*. 2009;59(4):191-8.