

Fisioter Bras 2018;19(2):223-30

RELATO DE CASO

Treino com realidade virtual no alcance manual de crianças com paralisia cerebral: estudo de três casos

Training with virtual reality in the upper arm reaching of children with cerebral palsy: a three-case report

Natália Feitoza do Nascimento, Ft., M.Sc.*, Janice Souza Marques**, Larissa Coutinho de Lucena Triqueiro, D.Sc.***, Tállyta Camyla Chaves da Silva***, Matheus Oliveira Lacerda****, Ana Raquel Rodrigues Lindquist*****

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), **Doutoranda em Fisioterapia pela UFRN, ***UFRN, ****Discente do Curso de Fisioterapia da UFRN, *****Docente do Programa de Graduação e Pós-graduação em Fisioterapia

Recebido em 31 de julho de 2017; aceito em 20 de dezembro de 2017.

Endereço para correspondência: Ana Raquel Rodrigues Lindquist, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Av. Salgado Filho, 3000. Campus Universitário, 59072-970 Natal RN, E-mail: raquellindquist@ufrnet.br; Natália Feitoza do Nascimento: nataliafna@yahoo.com.br; Janice Souza Marques: janicemarques72@gmail.com; Larissa Coutinho de Lucena Triqueiro: larissacoutinho@gmail.com; Tállyta Camyla Chaves da Silva: tallyta-camyla@hotmail.com; Matheus Oliveira Lacerda: matheuslacerd@hotmail.com

Pesquisa desenvolvida no Laboratório de Análise e Intervenção do Movimento, localizado no Departamento de Fisioterapia da UFRN. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

Resumo

Objetivo: Avaliar os efeitos do treino com realidade virtual no movimento de alcance manual em crianças com Paralisia Cerebral, do tipo hemiparesia espástica. **Material e métodos:** Participaram deste estudo de caso 3 crianças, de ambos os sexos, com idades de 9 a 12 anos. O protocolo do estudo consistiu em 3 dias de procedimentos, as crianças foram submetidas a uma avaliação inicial de tônus muscular, amplitude de movimento, força de preensão manual, incapacidades e análise cinemática dos membros superiores, realizada pelo *Qualisys Motion Capture System*®. As crianças participaram de duas sessões de treinos A (realidade virtual) e B (Convencional), que ocorreu com intervalo de uma semana entre os treinos. Assim, o primeiro treino foi iniciado no dia da avaliação, o segundo treino ocorreu após uma semana, a cinemática foi realizada antes e após os treinos e depois de uma semana do treino. Os dados das variáveis cinemáticas foram analisados de acordo com médias e desvio padrão. **Resultados:** Foi observado que as crianças apresentaram alterações nas variáveis analisadas do membro superior parético, após ambos os treinos, sobretudo depois do treino com realidade virtual. **Conclusão:** Os treinos utilizando jogos do software Nintendo Wii® e convencional foram capazes de alterar as variáveis angulares e espaço temporais, o que sugere uma melhora do movimento de alcance manual das 3 crianças.

Palavras-chave: paralisia cerebral, hemiparesia, reabilitação, fisioterapia.

Abstract

Objective: To evaluate the effects of training with virtual reality in the upper arm reaching of children with cerebral palsy, type spastic hemiplegic. **Methods:** The participants of this case study three children of both sexes, aged 9-12 years. The study protocol consisted of three days of proceedings; the children performed an initial assessment of muscle tone, range of motion, grip strength, kinematics analysis and disabilities of the upper limbs, performed by *Qualisys Motion Capture System*®. Children participated randomly in two practice sessions A (virtual reality) and B (Conventional), which occurred with an interval of one week between workouts. Thus, the first training was initiated on the assessment day, the second training took place after a week, kinematics was performed before and after training and after a week of training. The data of the kinematic variables were analyzed according to means and standard deviations. **Results:** It was observed that children show significant changes in angular variables of the paretic upper limb after both workouts, especially after training with virtual reality. **Conclusion:**

The training games using the Nintendo Wii® software and conventional were able to change the angular variables and temporal space, suggesting an improvement in the upper arm reaching of the 3 children.

Key-words: cerebral palsy, hemiplegic, rehabilitation, physical therapy.

Introdução

A criança com diagnóstico de PC do tipo hemiparesia espástica (PCHE) apresenta dificuldade na execução de movimentos como alcance manual, preensão e manipulação de objetos. Estas tarefas, quando realizadas com o MS parético, acontecem de maneira irregular, lenta e fraca, o que restringe sua funcionalidade e a participação em atividades de vida diária (AVD) e sociais [1-3].

As intervenções terapêuticas que visam a reabilitação do MS de crianças com PCHE têm enfatizado o treinamento orientado à tarefa, que caracteriza-se pelo estímulo à resolução de problemas de forma ativa, graduação da complexidade da tarefa, especificidade do treino. Atividades funcionais e a prática repetida com o uso de feedback possibilitam informações sobre o ambiente e suas relações com ele [4,5]. Neste contexto, a realidade virtual (RV) tem sido usada como ferramenta terapêutica em adultos e crianças por possibilitar experiências similares às AVD.

A RV é definida como uma abordagem entre o usuário e uma interface computadorizada, que envolve a simulação em tempo real de determinado ambiente, permitindo sua interação e imersão neste cenário, reunindo três elementos-chave: a repetição, a motivação e o *feedback* sensorial, possibilitando um caráter lúdico [6]. Os resultados obtidos com RV são decorrentes da ativação do sistema de neurônios-espelho que, no cérebro humano, aumentam as suas taxas de disparo quando o indivíduo observa movimentos sendo executados por outra pessoa, o que pode induzir à reorganização cortical e contribuir com a reabilitação [7].

Reid [7] utilizou a RV para observar o controle dos membros superiores em crianças com PC, porém sem a utilização de um protocolo de tratamento determinado. Foram analisados os efeitos imediatos do treino com RV após uma sessão de treino e todas as crianças apresentaram melhora no controle motor e mostraram-se motivadas [8]. Chen *et al.* [8] avaliaram o comportamento motor de 4 crianças, sendo 3 com tetraparesia e 1 com PCHE, todas foram submetidas a 4 semanas de terapia de RV utilizando os softwares *Eye-toe* e *PlayStation 2*. Os resultados deste estudo mostraram que houve melhora na performance da cinemática do alcance, além disso as crianças mostraram uma boa participação no treino [9].

Apesar de alguns autores demonstrarem resultados promissores com o uso RV na reabilitação, tais resultados não são conclusivos, decorrentes de limitações no protocolo. Pouco se sabe sobre os efeitos da RV por meio do software Nintendo Wii no movimento de alcance manual em crianças com PCHE, apesar da ampla tendência de utilização na prática clínica. Assim, este artigo se propôs a avaliar os efeitos imediatos do treino com RV, sobre os parâmetros cinemáticos no movimento de alcance manual de crianças com PCHE utilizando um protocolo de treinamento para o MS parético desta população baseado na RV, comparado a um protocolo de treino convencional.

Material e métodos

A amostra foi composta por 3 crianças com diagnóstico de PC, atendidas em centros de referência públicos da cidade de Natal, Rio Grande do Norte. Participaram do estudo 1 menina e 2 meninos, com idade de 9, 11 e 12 anos, respectivamente.

Este estudo obteve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) sob o parecer de número 308.763/2013, sendo respeitados os aspectos da Resolução no 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Os responsáveis assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, bem como o termo de autorização de uso da imagem.

Para inclusão no estudo, as crianças deveriam apresentar, além do diagnóstico clínico de PCHE, cognição preservada para compreensão das instruções dadas, ausência de déficits auditivos e visuais totais ou graves. A habilidade de movimento do MS parético, deveria estar classificada nos níveis II e III do Sistema de Classificação Manual (MACS, do inglês *Manual Abilities Classification System*). O nível II corresponde às crianças que são capazes de manipular a maioria dos objetos com menor qualidade do movimento, enquanto que no nível III

estão aquelas que manipulam objetos com dificuldade e baixa velocidade [10]. A espasticidade deveria estar classificada entre os níveis 0 e 2 da Escala Modificada de Ashworth [11]. Não poderiam ser incluídas crianças que tivessem realizado cirurgias ortopédicas ou feito uso de toxina botulínica nos últimos 6 meses.

Instrumentos de avaliação e medidas de desfecho

O grau de espasticidade foi avaliado pela Escala Modificada de Ashworth [11], cujos escores variam de 0 (ausência de alteração tônus muscular) a 4 (rigidez na posição de repouso). Foram avaliados os músculos das articulações do ombro, cotovelo e punho do MS parético; a amplitude passiva dos movimentos de flexão, extensão, rotação interna e externa, abdução e adução das articulações do ombro e flexo-extensão do cotovelo e punho foi avaliada por um Goniômetro universal. O Dinamômetro de mão hidráulico JAMAR (modelo j00105) foi utilizado para mensurar a força de preensão manual, e por se tratar de crianças utilizou-se a alça 1 do aparelho. Os participantes foram instruídos a fazer 3 contrações máximas com as duas mãos alternadamente, foram calculadas as médias das preensões. O teste foi realizado na posição padronizada recomendada pela Sociedade Americana de Terapeutas da Mão [12].

A avaliação da habilidade manual e nível de função motora fina foram realizados por meio do MACS [13]. O desempenho funcional das crianças foi avaliado pelo *Pediatric Evaluation Disability Inventory* (PEDI), que consiste de uma entrevista com os pais para avaliar habilidades funcionais da criança e necessidade de assistência do cuidador em realizar o autocuidado, mobilidade e funções sociais [14].

A avaliação cinemática foi realizada pelo sistema *Qualisys Motion Capture System* (QTM), com oito câmeras (QTM, Oqus, 300) interligadas em série que emitem e captam a luz infravermelha emitida por marcadores passivos, posicionados nas referências anatômicas pré-estabelecidas (Figura 1-A): processo espinhoso da sétima vértebra cervical; oitava vértebra torácica, incisura jugular; processo xifoide; centro da articulação glenoumeral; tubérculo menor do úmero; tubérculo maior do úmero; epicôndilo medial e lateral do úmero; oclécrano; processo estilóide da ulna; processo estilóide do rádio; cabeças do 2º e 5º metacarpo; crista ilíaca, trocânter maior do fêmur e pelve. Foram posicionadas marcas de rastreamento (*Cluster*) para identificar as trajetórias de cada segmento [15,16]. Com a combinação das imagens captadas pelo QTM e exportadas para o software Visual 3D, foi realizada a construção do modelo biomecânico.

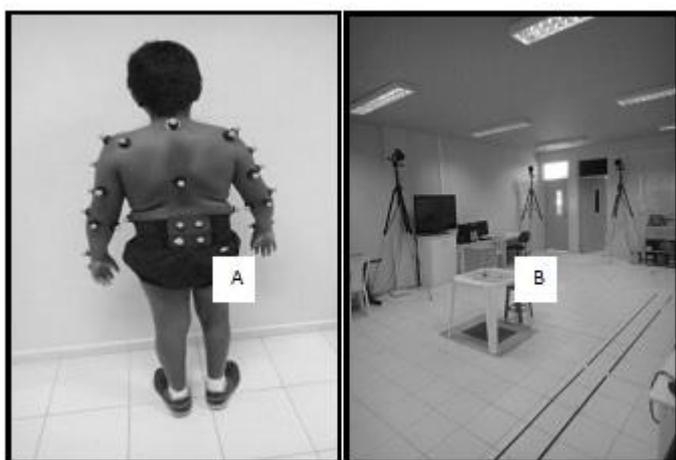


Figura 1 - Vista posterior da criança com o posicionamento dos marcadores passivos (1-A). Cenário para análise cinemática, localização da mesa e as câmeras (1-B).

A cinemática estática e dinâmica ocorreu em três dias, antes e ao término do treino e após uma semana sem intervenção (retenção), realizada pelo Fisioterapeuta A. Foram coletadas cinco repetições do movimento de alcance de todas as crianças em 3 direções (anterior, medial e lateral). O movimento analisado foi alcançar um cubo localizado na mesa (Figura 1-B). Foram avaliadas as seguintes variáveis: duração do movimento(s), pico de velocidade (m/s) e variação angular do ombro e cotovelo (°).

Na redução dos dados da avaliação cinemática, os dados foram capturados pelo software QTM e processados pelo software Visual 3D [17], que cria um sistema de coordenadas através da sequência dos ângulos de Cardan. Foi utilizado um filtro passa baixa, com a frequência de 6 hertz, para eliminação dos ruídos provenientes da movimentação dos marcadores. A coleta estática foi base para a construção do modelo biomecânico da criança, das 5 tentativas de alcance para cada direção foram selecionadas as 3 melhores tentativas e criadas variáveis espaço temporais: duração de movimento(s) e pico de velocidade(m/s) e as variáveis angulares referentes às articulações ombro, cotovelo e punho ($^{\circ}$).

Procedimentos de intervenção

As crianças foram submetidas a dois treinos: Treino Experimental (Treino A), com o Nintendo Wii® e o Treino Convencional (Treino B) baseado no protocolo de fisioterapia Convencional para MS [18]. As intervenções foram realizadas pelo Fisioterapeuta B. Cada criança foi alocada, de forma aleatória, a fim de definir qual dos treinos citados ela iniciaria no mesmo dia da avaliação. Após uma semana do treino, a criança, então, iniciava o treino ao qual não havia sido submetida no primeiro dia. Depois de 7 dias, a criança foi reavaliada por meio da cinemetria (Figura 2).

Tabela I - Protocolo de estudo.

Duração	Sequência AB		Sequência BA	
Dia 1	Treino A	Avaliação A1 Treino RV Avaliação A2	Treino B	Avaliação B1 Treino Convencional Avaliação B2
Dia 7	Treino B	Avaliação B1 Treino Convencional Avaliação B2	Treino A	Avaliação A1 Treino RV Avaliação A2
Dia 14		<i>Retenção</i>		<i>Retenção</i>

Treino com RV

A terapia de RV computadorizada foi realizada por meio do equipamento de console Nintendo Wii [19], e as crianças foram estimuladas por jogos de tênis, boliche e boxe, com duração de 15 minutos cada. Cada criança treinou por 45 minutos. (Figura 2)



Figura 2 - Treino experimental.

Treino convencional

As crianças foram submetidas ao tratamento convencional, cujo protocolo adaptado foi composto por 5 exercícios de flexão e abdução do ombro, rotação externa do ombro, extensão do cotovelo, transferência de peso em MMSS na posição sentada e treino orientado à tarefa [18], realizado com duração de 45 minutos.

Resultados

As características clínicas e demográficas estão apresentadas na Tabela II.

Tabela II - Caracterização da amostra com medidas clínicas e demográficas (n=3).

Criança	Sexo	Idade (anos)	Lado (H)	MACS	PEDI	FPM	FPMH	ASH		
								Ombro	cotovelo	punho
1	F	9	E	II	30.48	10.3	8	0	1	1
2	M	11	D	II	31.42	20	10	1+	2	1
3	M	12	E	II	30	10.3	7.7	1	1+	1

M = Masculino; F = Feminino; D = Direita; E = Esquerda; H = Hemiparesia; PEDI = Pediatric evaluation of disability inventory (domínio autocuidado); MACS = Manual Abilities Classification System; FPM = Força de Preensão Manual; ASH = Escala de Ashworth Modificada.

A Tabela III mostra que a duração de movimento foi reduzida logo após o Treino Convencional, o tempo para a realização do alcance alterou de 2,89s para 2,75s, já a variável pico de velocidade aumentou 0,22 m/s depois de ambos os treinos.

Tabela III - Comparação das variáveis espaço temporais do MS parético, nas direções anterior, medial e lateral, antes e após os treinos com RV (Treino A), treino convencional (Treino B) e retenção (n=3).

DM (s)	TREINO A			TREINO B			RETENÇÃO Followup
	Pré-treino Média (DP)	Pós-treino Média (DP)	Diferença no treino A	Pré-treino Média (DP)	Pós-treino Média (DP)	Diferença no treino B	
Direção anterior	2.96 (0.55)	3.13 (0.34)	- 0.17 (0.26)	3.33 (0.34)	3.09 (0.43)	0.24 (0.52)	3.30 (0.50)
Direção medial	2.77 (0.58)	2.9 (0.38)	- 0.24 (0.26)	2.91 (0.67)	3.27 (1.03)	- 0.36 (0.37)	3.05 (0.74)
Direção lateral	2.93 (0.86)	2.84 (0.74)	0.09 (0.07)	2.89 (0.85)	2.14 (0.7)	0.75 (0.66) §	3.37 (0.6)
PV (m/s)							
Direção anterior	0.44 (0.21)	0.53 (0.12)	0.09 (0.16)	0.28 (0.02)	0.50 (0.35)	0.22 (0.34) §	0.43 (0.13)
Direção medial	0.51 (0.22)	0.74 (0.18)	0.22 (0.32) §	0.48 (0.17)	0.49 (0.26)	0.01 (0.26)	0.48 (0.19)
Direção lateral	0.66 (0.22)	0.67 (0.28)	0.01 (0.10)	0.50 (0.11)	0.63 (0.22)	0.13 (0.15)	0.43 (0.18)

DM = Duração de movimento; s = segundos; DP = Desvio padrão; PV = Pico de velocidade; m/s = metro por segundo; § = diferença mais expressiva após o treino.

A Tabela IV mostra o comportamento das variáveis angulares do ombro e cotovelo parético das crianças. Após ambos os treinos houve aumento da flexão máxima e ADM do ombro. As melhoras mais expressivas foram: aumento de 17,66° na ADM após o treino com RV, e aumento de 17,39° na flexão máxima do ombro, após o treino Convencional.

No que diz respeito ao cotovelo, observou-se, após ambos os treinos, aumento de 44,58° da extensão máxima do cotovelo, e aumento de 46,47° da ADM do cotovelo após o treino com RV na direção em linha média (Tabela III). As variáveis analisadas apresentadas evidenciaram que as melhoras foram mantidas (*follow-up*) após uma semana de treinos.

Tabela IV - Comparação das variáveis angulares do ombro e cotovelo parético, nas direções anterior, medial e lateral, antes e após os treinos A, B e retenção (n=3).

TREINO	TREINO A			TREINO B			RETENÇÃO
	Pré-treino Média (DP)	Pós-treino Média (DP)	Diferença no treino A	Pré-treino Média (DP)	Pós-treino Média (DP)	Diferença no treino B	Followup
Flexão máxima (°)							
Direção anterior	52,67 (13,71)	62,2 (14,39)	9,53 (7,35)	50,78 (12,18)	49,21 (13,03)	-1,57 (0,87)	51,92 (5,94)
Direção medial	57,49 (6,52)	67,92 (4,24)	10,43 (10,65)	44,43 (15,50)	61,82 (0,96)	17,39 (14,60) §	61,49 (4,25)
Direção lateral	55,61 (12,52)	55,11 (7,14)	0,50 (11,15)	55,61 (12,52)	55,59 (10,90)	-0,02 (28)	49,15 (14,41)
ADM (°)							
Direção anterior	52,94 (18,32)	53,12 (9,60)	0,18 (14,21)	45,00 (6,98)	55,75 (12,02)	10,75 (18,66)	58,45 (3,84)
Direção medial	59,31 (2,96)	76,97 (8,31)	17,66 (5,95) §	45,25 (20,32)	58,31 (2,83)	13,06 (9,65)	60,76 (7,25)
Direção lateral	49,69 (2,57)	54,19 (9,34)	4,50 (3,50)	54,19 (12,58)	55,49 (9,42)	1,30 (3,20)	52,50 (17,85)
COTOVELO							
Extensão máxima (°)							
Direção anterior	49,34 (19,08)	57,17 (9,41)	-7,83 (14,94)	55,29 (10,83)	73,73 (24,94)	18,44 (20,64)	47,96 (19,02)
Direção medial	80,17 (28,85)	35,59 (5,54)	44,58 (13,33) §	78,37 (31,06)	58,58 (12,71)	19,79 (25,43)	45,38 (9,27)
Direção lateral	45,69 (5,52)	59,72 (4,74)	12,91 (10,92)	45,69 (5,52)	61,81 (22,06)	-16,12 (16,56)	63,49 (11,38)
ADM (°)							
Direção medial	63,97 (40,43)	110,44 (48,68)	46,47 (9,70) §	60,35 (35,59)	80,85 (14,39)	20,50 (23,58)	95,86 (31,31)
Direção lateral	82,51 (16,23)	63,54 (23,49)	-18,97 (10,97)	82,51 (16,23)	74,27 (21,24)	-8,24 (9,81)	73,45 (11,48)

° = Graus; DP = desvio padrão; ADM = Amplitude de movimento; § = diferença mais expressiva após o treino.

Discussão

As crianças deste estudo apresentaram melhora nas variáveis angulares e espaço-temporais do MS parético após os treinos com RV e convencional, entretanto as alterações angulares mais expressivas foram encontradas após o treino com RV.

O tempo para realização do movimento é uma medida funcional importante, já que pode ser um parâmetro para mensurar desempenho e monitorar a eficácia da terapia [20]. Observou-se, neste estudo, uma redução mais expressiva na duração de movimento após o treino Convencional, enquanto o pico de velocidade aumentou em ambos os treinos. Neste caso, o número de repetições de movimentos do treino com RV foi superior ao treino Convencional, o que pode ter levado ao cansaço, interferindo nestas variáveis.

Ao serem analisadas as variáveis angulares do ombro parético, observou-se que ambos os treinos ocasionaram alterações na flexão máxima e ADM. A flexão máxima do ombro aumentou após o treino Convencional, já a ADM de ombro obteve um aumento expressivo após o treino com RV. Sabe-se que o ombro realiza a função de estabilização do MS durante o movimento de alcance manual, enquanto o cotovelo aproxima e afasta a extremidade do objeto desejado [21]. O fato dessas crianças avaliadas não terem apresentado valores superiores nas variáveis analisadas do ombro, pode ser atribuído à reduzida necessidade de flexão, para que a criança conseguisse tocar o objeto.

Nas variáveis extensão máxima e ADM do cotovelo, foram encontradas alterações expressivas após o treino com RV, e evidenciou uma melhora no comprometimento do cotovelo das crianças com PCHE. Uma possível razão de valores distantes do fisiológico, na extensão máxima de cotovelo, seria o aumento do recrutamento do músculo bíceps braquial, traduzindo-se em flexão do cotovelo [22]. Outras possíveis causas desse déficit devem incluir uma combinação de fraqueza muscular, fadiga e inadequada co-contracção muscular [23].

Sabe-se que crianças com PC tendem a reduzir a atividade motora ao longo dos anos, quando deveriam aumentar sua intensidade e frequência. Segundo a literatura, dois fatores influenciam os bons resultados da RV, a neuroplasticidade, confirmada através da ressonância magnética funcional, demonstrando ativação de áreas do córtex motor primário e suplementar após o treino e a motivação da criança, devido ao contexto atrativo do ambiente [24]. Neste estudo, observou-se que as crianças mantiveram-se em treinamento por 45 minutos e apesar de algumas mostrarem-se um pouco cansadas, permaneceram estimuladas até o final do exercício.

Ainda que os resultados deste estudo não possam ser conclusivos, o treino com RV mostrou-se efetivo para motivar as crianças com PCHE durante a terapia. Se com apenas 1 intervenção esse resultado foi obtido, intensificando as repetições do treino podem promover alterações significativas e estáveis. Deve-se considerar como limitação do estudo o reduzido tamanho da amostra, composta por 3 crianças, o que não é suficiente para demonstrar a eficácia dos resultados. Sugere-se a realização de estudos com um tamanho de número amostral maior, a fim de investigar os efeitos da RV e se os mesmos serão mantidos para melhora do alcance no MS parético de crianças com PCHE.

Conclusão

Os treinos com RV e convencional foram capazes de alterar as variáveis angulares e espaço-temporais das articulações do ombro e cotovelo, o que sugere uma melhora do movimento de alcance manual das 3 crianças com diagnóstico de PCHE.

Referências

1. Jaspers E, Feys H, Bruyninckx H, Cutti A, Harlaar J, Molenaers G, Desloovere K. The reliability of upper limb kinematics in children with hemiplegic cerebral palsy. *Gait & Posture* 2011;33:568-75.
2. Turolla SRC, Ciasca SM, Moura-Ribeiro MVL, Zanardi VA. Hemiparetic Cerebral Palsy. *Rev Bras Fisioter* 2006;10(2):157-62.
3. Taub E, Elbert T, Berthold I, Kölbl S, Rockstroh B, Taub E. Longer versus shorter daily constraint-induced movement therapy of chronic hemiparesis: an exploratory study. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:1374-7.
4. Shepherd RB. *Fisioterapia em Pediatria*. 3 ed. São Paulo: Santos; 1995.
5. Pereira EM, Molina Rueda IM, Alguacil Diego R, Cano de la Cuerda A, Mauro JC. Empleo de sistemas de realidad virtual como método de propiocepción en parálisis cerebral: guía de práctica clínica. *Neurología* 2012;1(10):550-9.
6. Gordon CS, Gregg RA. Potential of the Nintendo Wii as a rehabilitation tool for children with cerebral palsy in a developing country: a pilot study. *Physiotherapy* 2012;98:238-42.
7. Reid DT. The use of virtual reality to improve upper-extremity efficiency skills in children with cerebral palsy: a pilot study. *Tech Disabil* 2002;14:53-61.
8. Chen Y, Kang LJ, Chuang TY, Doong JL, Lee SJ, Tsai MW, Jeng SF. Use of virtual reality to improve upper-extremity control in children with cerebral palsy: a single-subject design. *Phys Ther* 2007;87(11):1441-57.
9. Chagas PSC, Defilipo EC, Lemos RA, Mancini MC, Frônio JS, Carvalho RM. Classification of motor function and functional performance in children with cerebral palsy. *Rev Bras Fisioter* 2008;12(5):409-16.
10. Coleman A, Weir KA, Ware RS, Boyd RN. Relationship between communication skills and gross motor function in preschool-aged children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2013;94(11):2210-7.
11. Souza MA. Normative data for hand grip strength in healthy children measured with abulb dynamometer: a cross-sectional study. *Physiotherapy* 2014:1-6.
12. Merians AS, Poizner H, Boian R, Burdea G, Adamovich S. Sensorimotor training in a virtual reality environment: does it improve functional recovery poststroke? *Neurorehabil Neural Repair* 2006;20:252-67.
13. Chagas PSC, Defilipo EC, Lemos RA, Mancini MC, Frônio JS, Carvalho RM. Classification of motor function and functional performance in children with cerebral palsy. *Rev Bra Fisioter* 2008;12(5):409-16.
14. Subramanian SK, Yamanaka J, Chilingaryan G, Levin MF. Validity of movement pattern kinematics as measures of arm motor impairment poststroke. *Stroke* 2010;41:2303-8.

15. Meskers CGM, Van der Helm FCT, Rozenda LA, Rozing PM. In vivo estimation of the glenohumeral joint rotation center from scapular bony landmarks by linear regression. *J Biomech* 1998;31:93-6.
16. Cole GK, Nigg BM, Ronsky JL, Yeadon MR. Application of the joint coordinate system to three-dimensional joint attitude and movement representation: a standardization proposal. *J Biomech Eng* 1993;115(4A):344-9.
17. © 2012 Nintendo. Nintendo of America Inc. Web Site Privacy Statement.
18. Carginin APM, Mazzitelli C. Proposta de tratamento fisioterapêutica para crianças portadoras de paralisia cerebral espástica, com ênfase nas alterações musculoesqueléticas. *Rev Neurociências* 2003;11(1):34-39.
19. Wang M, Reid D. Virtual Reality in pediatric neurorehabilitation attention deficit hyperactivity disorder, autismo and cerebral palsy. *Neuroepidemiology* 2011;36:2-18.
20. Kaishou X, Jianning L, Xiaohua Y, Chen, Y. Surface electromyography of wrist flexors and extensors in children with hemiplegic cerebral palsy. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation* 2014:1-6.
21. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Controle motor: teoria e aplicação prática*. 2 ed. São Paulo: Manole; 2002.
22. Chen YP, Lee SY, Howard AM. Effect of virtual reality on upper extremity function in children with cerebral palsy: a meta-analysis. *Pediatr Phys Ther* 2014;289-300.
23. Chiu HC, Ada L, Lee HM. Upper limb training using Wii Sports Resort for children with hemiplegic cerebral palsy: a randomized, single-blind trial. *Clin Rehabil* 2014;28(10):1015-24.
24. Monteiro CBM, Massetti T, Silva TD, van der Kamp J, de Abreu LC, Leone C. Transfer of motor learning from virtual to natural environments in individuals with cerebral palsy. *Develop Disabil* 2014;(35):2430-37.