








# Efeitos da realidade virtual no desenvolvimento motor, equilíbrio e força muscular respiratória da criança com Síndrome de Down: relato de caso

*Effects of virtual reality on motor development, balance and muscular strength of the children with Down Syndrome: case report*

Aline Lange Barros<sup>1</sup> ; Thiele de Cássia Libardoni<sup>2</sup> ; Elisabete Maria de Oliveira<sup>3</sup> ; Patrícia Morgana Rentz Keil<sup>3</sup> ; Camila Isabel Santos Schivinski<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Florianópolis, SC, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP), Ribeirão Preto, SP, Brasil

<sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Florianópolis, SC, Brasil

**Como citar:** Barros AL; Libardoni TC, Oliveira EM; Keil PMR; Schivinski CIS. Efeitos da realidade virtual no desenvolvimento motor, equilíbrio e força muscular respiratória da criança com síndrome de down: relato de caso. ASSOBRAFIR Ciênc. 2020;11:e38150. <https://doi.org/10.47066/2177-9333.AC.2020.0014>

## Resumo

**Introdução:** A Síndrome de Down (SD) destaca-se por uma hipotonia muscular generalizada, associada a atrasos no desenvolvimento motor e nas aquisições das reações posturais. Dentre os recursos fisioterapêuticos abordados, a realidade virtual apresenta-se como uma ferramenta promissora no tratamento da criança SD. **Objetivo:** Verificar os efeitos da realidade virtual, por intermédio do console *Nintendo Wii*, sobre o desenvolvimento motor, equilíbrio e a força muscular respiratória durante a fisioterapia de uma criança de 12 anos de idade, com diagnóstico de SD. **Métodos:** Relato de caso de uma criança com SD, 12 anos de idade, do sexo feminino, submetida a protocolo de intervenção fisioterapêutica baseada unicamente na realidade virtual, por intermédio do console *Nintendo Wii*. Foram realizadas vinte sessões de intervenção, com frequência de duas vezes por semana e duração de 50 minutos cada. As variáveis consideradas como resposta para este estudo foram: o desenvolvimento motor quantificado por meio da Escala de Desenvolvimento Motor, o equilíbrio corporal mensurado por posturografia dinâmica computadorizada, equipamento *Smart Equitest* da Neurocom International™ e a força muscular respiratória verificada por manovacuômetro da marca MVD-300® (Microhard). **Resultados:** No momento pós-intervenção, constatou-se melhora concomitante do desenvolvimento motor, motricidade fina e global; força muscular expiratória; velocidade, tempo de reação e controle direcional no equilíbrio corporal posterior da participante. **Conclusão:** Os resultados apresentados no presente relato apoiam o uso da realidade virtual como opção terapêutica promissora a ser incorporada como coadjuvante na fisioterapia de crianças com SD.

**Palavras-chaves:** Fisioterapia; Síndrome de Down; Realidade Virtual.

## Abstract

**Background:** Down Syndrome (DS) is characterized by generalized muscle hypotonia, associated with delays in motor development and the acquisition of postural reactions. Among the physical therapy resources addressed, virtual reality presents itself as a promising tool in the treatment of children with DS. **Aim:** To verify the effects of virtual reality through the Nintendo Wii console on motor development, balance and respiratory muscle strength during physiotherapy of a 12-year-old child diagnosed with DS. **Methods:** Case report of a child with DS, 12 years old, female, submitted to a physical therapy intervention protocol based solely on exposure to virtual reality through the Nintendo Wii console. Twenty intervention sessions were carried out, with a frequency of twice a week and duration of 50 minutes each. The variables considered as an answer for this study were: motor development quantified using the Motor Development Scale, body balance measured by computerized dynamic

Submissão em: Outubro 10, 2019  
Aceito em: Abril 08, 2021

**Estudo realizado em:** Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Florianópolis, SC, Brasil.

**Aprovação ética:** CAEE 30182614.4.0000.0118 da Universidade do Estado de Santa Catarina, nº 688.528

**\*Autor correspondente:**  
Camila Isabel Santos Schivinski. E-mail: cacaiss@yahoo.com.br



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) e distribuído sob a licença Creative Commons Attribution NonCommercial ShareAlike License, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais e que o trabalho original seja corretamente citado e de forma que não indique endosso ao trabalho feito. Adicionalmente, qualquer trabalho derivado deverá ser publicado sob a mesma licença.



posturography, Neurocom International™ Smart Equitest equipment and respiratory muscle strength verified by a MVD- manovacuometer. 300® (Microhard). **Results:** Twenty intervention sessions were carried out, with a frequency of twice a week and duration of 50 minutes each. In the post-intervention moment, there was a concomitant improvement in motor development, fine and global motor skills; expiratory muscle strength; in speed, reaction time and directional control in the participant's posterior body balance. **Conclusion:** The results presented in the present report support the use of virtual reality as a promising therapeutic option to be incorporated as an adjunct in the physiotherapy of children with DS.

**Keywords:** Physical Therapy; Down Syndrome; Virtual reality.

## INTRODUÇÃO

A Síndrome de Down (SD) é a mais comum de todas as síndromes genéticas, provém da disjunção meiótica ou segregação anormal dos cromossomos durante a formação dos gametas. Entre as características no fenótipo dos síndrômicos, destaca-se a hipotonia muscular generalizada, inerente a SD e altamente conexa a atrasos no desenvolvimento motor e nas aquisições das reações posturais de proteção, retificação e equilíbrio. Discute-se também a relação entre a hipotonia e a diminuição da Força Muscular Respiratória desta população (FMR)<sup>1</sup>.

De acordo com a literatura, a estimulação precoce, a equoterapia e natação, são as principais intervenções indicadas no tratamento da criança SD. No entanto, a Realidade Virtual (RV) apresenta-se como uma ferramenta terapêutica promissora. Estudo realizado em 2015 aponta melhora do equilíbrio, estabilidade postural, limites de controle de estabilidade, proficiência motora, habilidade visual e sensorial integrativa, coordenação dos membros superiores e destreza manual em crianças SD submetidas a esta terapêutica<sup>2</sup>.

Nesta linha, este relato de caso tem por objetivo verificar os efeitos terapêuticos da RV, por intermédio do console *Nintendo Wii*, sobre o desenvolvimento motor, equilíbrio e FMR durante a sessão de fisioterapia de uma criança de 12 anos de idade com SD. Trata-se de um estudo pioneiro nessa linha, diante da escassez de investigações que avaliem a repercussão da RV também na FMR desta população.

## MÉTODOS

J.B.K., feminino, cariótipo positivo para SD, 12 anos de idade, frequente escola regular e participa do programa de extensão: Movimento Esportivo - Atividades Aquáticas para Deficientes, realizado no CEFID/UDESC, duas vezes por semana. Trata-se de prática de natação para pessoas com deficiência, a qual é ministrada por educadores físicos. A mesma manteve essa atividade normalmente, sendo adicionada apenas a realidade virtual como nova intervenção em sua rotina.

A avaliação da criança ocorreu na clínica escola de fisioterapia alocada no Centro de Ciências da Saúde e do Esporte (CEFID) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) (Florianópolis/Brasil). O estudo foi

previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UDESC (CAEE 30182614.4.0000.0118) da Universidade do Estado de Santa Catarina sob o número 688.528. O responsável pela criança autorizou sua participação por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

A verificação dos parâmetros antropométricos (Tabela 1), iniciou-se com a criança ereta, alinhada, descalça e trajada de roupa leve. Aferiu-se a massa corporal através de balança digital da marca *Filizola Personal*® e estatura por estadiômetro da marca *Sanny*®.

A análise do desenvolvimento motor ocorreu por intermédio da Escala de Desenvolvimento Motor (EDM) proposta por Francisco Rosa Neto, a qual engloba itens de motricidade fina (IM1), motricidade global (IM2), equilíbrio (IM3), esquema corporal (IM4), organização espacial (IM5), organização temporal/linguagem (IM6) (Tabela 2)<sup>3</sup>.

**Tabela 1.** Dados antropométricos pré e pós-intervenção.

Variável	PRÉ-INTERVENÇÃO	PÓS-INTERVENÇÃO
<b>Massa corporal</b>	52,3 kg	52,7 kg
<b>Estatura</b>	138 cm	140 cm
<b>IMC</b>	27,46 kg/m <sup>2</sup>	26,89 kg/m <sup>2</sup>

Legenda: IMC = Índice de massa corpórea

**Tabela 2.** Resultado da Escala de Desenvolvimento Motor (EDM), pré e pós-intervenção, referente às áreas analisadas e a idade motora.

Áreas analisadas	PRÉ-INTERVENÇÃO	PÓS-INTERVENÇÃO
<b>Idade cronológica</b>	12 anos e 6 meses	12 anos e 8 meses
<b>Idade motora geral</b>	4 anos e 2 meses	4 anos e 6 meses
<b>Motricidade fina</b>	4 anos	5 anos
<b>Motricidade global</b>	4 anos	5 anos
<b>Equilíbrio</b>	4 anos	4 anos
<b>Esquema corporal</b>	5 anos	5 anos
<b>Organização espacial</b>	5 anos	5 anos
<b>Linguagem</b>	3 anos	3 anos
<b>Atraso motor</b>	8 anos e 6 meses	8 anos e 2 meses



A Posturografia Dinâmica Computadorizada (PDC) - *Smart Equitest*, NeuroCom International Inc., Oregon, EUA - com duas plataformas de força e uma tela de vídeo foi utilizada para realizar o teste *Limits of Stability* (LOS). Este teste avaliou a capacidade da participante do estudo em deslocar intencionalmente seu peso, ou seja, deslocar seu centro de gravidade (*Center of Gravity* - COG) em oito direções espaciais (quatro direções cardinais e quatro diagonais), verificando, então, a capacidade da mesma em manter o seu equilíbrio durante a execução. A criança foi instruída a ficar descalça na plataforma de força da PDC, com posicionamento dos pés padronizado. Um cinto de segurança foi utilizado como medida preventiva para evitar quedas, sem ação restritiva quanto a movimentação corporal. O teste LOS mensurou o tempo de reação, o eixo de velocidade e o controle direcional durante os deslocamentos anterior, posterior, médio-lateral direito e médio-lateral esquerdo realizados pela criança<sup>4</sup>. Para cada alvo, uma dica visual e auditiva foi acionada pela PDC e a criança moveu o seu traço do centro de pressão (*Center of Pressure* - COP) para atingir uma das oito posições o mais rápido, preciso e suave possível e, em seguida manter o COP, brevemente, o mais próximo possível do alvo (Figura 1). Para tal, a participante inclinava seu corpo o máximo possível, em uma determinada direção, sem perder o equilíbrio, pisar ou buscar ajuda. Os deslocamentos do COP foram exibidos na tela em tempo real (como feedback visual) (Figura 1) e foram registrados automaticamente. Durante a avaliação, a luz e o som foram controlados, para que a criança pudesse se concentrar o máximo possível na execução do teste. Durante todo teste, o COP foi exibido na tela da PDC junto com as oito posições-alvo.

A quantificação da FMR deu-se pelas medidas de pressões inspiratória ( $Pi_{máx}$ ) e expiratória máximas ( $Pe_{máx}$ ), respeitando-se as recomendações da *American Thoracic Society*<sup>5</sup>, mensuradas em ordem randomizada, por um manovacuômetro da marca MVD-300® (Microhard).

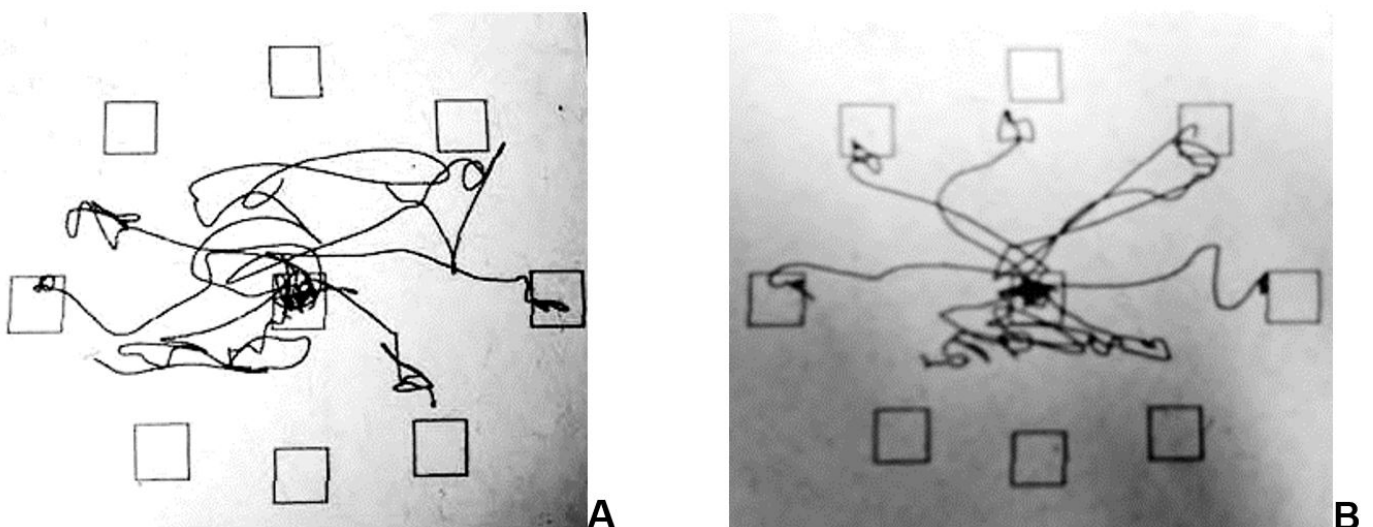
Registrou-se o maior valor dentre as manobras avaliativas e a diferença entre eles não ultrapassou 10%. A  $Pe_{máx}$  foi mensurada a partir de uma inspiração próxima da capacidade pulmonar total, seguida de uma expiração máxima. Para obtenção da  $Pi_{máx}$  a criança expirou até próximo do volume residual e, em seguida, realizou uma inspiração máxima. Foram realizadas no mínimo 3 e no máximo 7 manobras para cada uma das medidas de  $Pi_{Máx}$  e  $PE_{Máx}$ .

Todas as variáveis consideradas como respostas para este estudo foram analisadas antes e após o término de vinte sessões fisioterapêuticas, conduzidas unicamente com o uso da RV por intermédio do console *Nintendo Wii* (NW®), *software Wii Fit* (WF) e plataforma *Wii Balance Board* (WBB). As sessões ocorreram numa frequência de duas vezes por semana, tiveram 50 minutos de duração cada, e foram divididas em duas etapas: aquecimento e treinamento.

Ao aquecimento foram reservados os 20 primeiros minutos da sessão. Utilizou-se os jogos *hula hoop*, que estimulam a mobilidade do tronco e do quadril; e o jogo *basic step*, proposto para mobilidade e dissociação dos membros inferiores. Ambos os jogos se destinam ao treino cardiorrespiratório, e são componentes da sessão *aerobic* do *software WF*. O treinamento, nos 30 minutos subsequentes, deu-se por meio dos jogos da sessão *balance* do *software WF*: *table tilt* (inclinação de mesa), *soccer heading* (título de futebol), *ski slalom* (esqui em zigue-zague) e *tightrope walk* (caminhar na corda bamba), os quais foram selecionados por designarem-se a melhora do equilíbrio, por serem de fácil entendimento e apresentarem caráter lúdico.

## RESULTADOS

Os resultados encontrados na avaliação motora após-intervenção evidenciaram acréscimo de um ano na



**Figura 1.** Ilustração do deslocamento do controle de massa corporal (CMC) pré-intervenção e pós-intervenção.

A = CMC pré- intervenção; B = CMC pós-intervenção

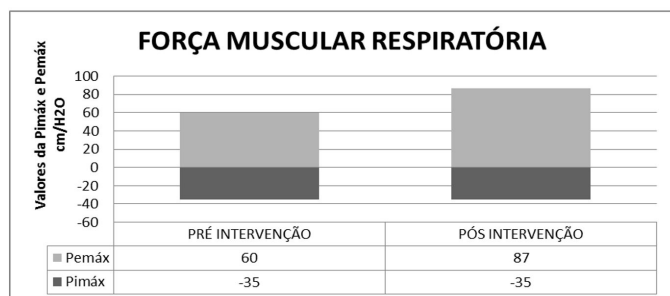


idade motora equivalente a motricidade fina e global e de quatro meses na idade motora geral (Tabela 2). Em relação ao equilíbrio, no pós-intervenção houve aumento na velocidade durante deslocamento anterior, posterior e médio lateral direito; para o lado esquerdo houve uma diminuição da velocidade. O controle direcional aumentou durante o deslocamento anterior, posterior e médio lateral esquerdo; para o lado direito houve diminuição. O tempo de reação diminuiu durante o deslocamento posterior e médio-lateral direito e aumentou durante deslocamento anterior e médio-lateral esquerdo (Tabela 3). Houve acréscimo da  $Pe_{m\acute{a}x}$ , de 60  $cm/H_2O$  para 87  $cm/H_2O$  (Figura 2).

## DISCUSSÃO

Sabe-se que a RV pode ser utilizada como uma ferramenta positiva no ambiente de reabilitação pediátrica. Por se tratar de um recurso lúdico, a RV incorporada à terapia, gera satisfação e motivação na criança. Sendo assim, os jogos virtuais associados ao tratamento fisioterapêutico podem favorecer e otimizar a condução da terapia e, por consequência, aumentar sua efetividade.

Nesse sentido, no presente protocolo de intervenção que utilizou a RV, verificou-se que a participante com SD apresentou melhora concomitante do desenvolvimento motor geral, motricidade fina e global; velocidade, tempo de reação e controle direcional do equilíbrio corporal posterior; bem como aumento da força muscular respiratória.



**Figura 2.** Resultados da  $Pi_{m\acute{a}x}$  e  $Pe_{m\acute{a}x}$  expressos em  $cm/H_2O$ , pré e pós-intervenção.

Legenda: Pemáx = Pressão expiratória máxima; Pimáx = Pressão inspiratória máxima.

Na avaliação inicial, a criança em questão apresentou um importante atraso em seu desenvolvimento motor. Sua IMG foi mensurada em 4 anos e 2 meses, apesar de sua idade cronológica pré-intervenção ser de 12 anos e 6 meses. Neste parâmetro, a intervenção com RV se mostrou competente, pois repercutiu no adiantamento de quatro meses da IMG e de um ano na idade motora equivalente a motricidade fina (IM1) e motricidade global (IM2). Salem *et al.* (2012)<sup>6</sup>, nesta mesma linha, observaram melhora no teste de apoio unipodal, força de preensão direita e força de aperto esquerdo, após o uso terapêutico da RV, em 20 sessões com *Nintendo Wii*, por 40 crianças com atraso no desenvolvimento motor.

Ainda no presente relato, as idades motoras atribuídas aos quesitos: esquema corporal, organização espacial, organização temporal e equilíbrio permaneceram iguais no pré e pós-intervenção, segundo a Escala de Desenvolvimento Motor. Em relação às variáveis de equilíbrio, observou-se melhora em alguns deslocamentos, e piora em outros, ao comparar o pré e pós-intervenção. Uma das variáveis que apresentou aumento perceptível foi o controle direcional anterior e posterior. A melhora do controle em deslocar o tronco para frente e para trás, pode indicar que a criança consiga controlar melhor o seu COP, diminuindo assim, o risco de quedas para frente e para trás. Possivelmente a melhora dessa variável esteja atribuída ao treino de deslocamento do tronco realizado em algum dos jogos do *Nintendo Wii* (NW<sup>®</sup>). Por outro lado, as variáveis tempo de reação e eixo de velocidade apresentaram uma pequena melhora em alguns deslocamentos, e piora em outras. Possivelmente devido à complexidade do déficit do equilíbrio apresentado na SD, frequentemente relacionado às suas habilidades sensório-motoras deficitárias, fraqueza muscular, hipotonia e dificuldade na coordenação motora<sup>2</sup>.

A utilização dos jogos WF na fisioterapia da criança SD parece ser inovador, promissor, e capaz de suprir as demandas do déficit de equilíbrio apresentada por estes indivíduos. Isso porque propicia diversos estímulos sistêmicos, como: o vestibular, a partir das acelerações e desacelerações angulares rápidas; o sensório-motor: pela percepção do corpo e dos membros no espaço; e também o visual: pela oferta de referência a verticalidade. Porém não visa a melhora da produção de força muscular de tronco, principalmente, para desempenhar um aumento da velocidade e diminuir o tempo de reação do

**Tabela 3.** Valores do teste de limite de estabilidade pré e pós-intervenção.

Variável	DESLOCAMENTO							
	ANTERIOR		POSTERIOR		DIREITO		ESQUERDO	
	PRÉ	PÓS	PRÉ	PÓS	PRÉ	PÓS	PRÉ	PÓS
Tempo de reação (s)	0,44	0,61	0,76	0,71	0,99	0,53	1,08	1,12
Eixo de velocidade (%/s)	2,4	2,8	1,8	2,1	3,4	5,1	4,7	3,7
Controle direcional (%)	6	57	0	18	85	82	88	90



COP. Ainda sobre o equilíbrio, o estudo de Ghafar et al.<sup>7</sup> reforça a eficácia da RV na melhoria do equilíbrio funcional em estudo com 26 crianças com SD, no qual comparou-se o treinamento de equilíbrio com jogos Wii versus a fisioterapia tradicional e identificou-se melhorias significativas com o uso da RV.

Em relação a FMR, os baixos índices identificados na criança estudada, corroboram com o quadro clínico característico da SD<sup>8</sup>. A participante deste estudo apresentou  $Pi_{máx}$  de -35 cm/H<sub>2</sub>O e  $Pe_{máx}$  de 60 cm/H<sub>2</sub>O, respectivamente, compatíveis com 41% e 57% do valor predito para crianças típicas desta mesma faixa etária e sexo, segundo Domènech-Clar et al.<sup>9</sup> A intervenção terapêutica por meio da RV utilizada, parece ter sido eficaz no incremento da  $Pe_{máx}$ , que passou de 57% para 84% do predito, o que reforça a hipótese de que o treino do equilíbrio corporal está conexo ao aumento na força muscular expiratória, decorrente do recrutamento dos músculos abdominais envolvidos na expiração ativa, na bipedestação e na correção postural<sup>10</sup>.

Por sua vez, os valores de  $Pi_{máx}$ , que reflete a força muscular inspiratória realizada principalmente pelo músculo diafragma, se manteve em 41% do predito pré e pós-intervenção. Schuster et al.<sup>11</sup> dispuseram de treinamento muscular respiratório, por intermédio do dispositivo *Threshold*, em dois indivíduos com SD. Ao término de 15 sessões de 20 minutos de duração, houve aumento da  $Pi_{máx}$  dos dois indivíduos, e da  $Pe_{máx}$  em um deles. Os resultados deste estudo destacam o fato de que, para ganho de força muscular inspiratória, deve-se lançar mão de dispositivos específicos para treinamento dos músculos respiratórios<sup>11,12</sup>. O aumento da FMR também foi observado no estudo de Araújo et al.<sup>10</sup>, que avaliaram o efeito da RV no período pré e pós-intervenção de indivíduos com a doença de Parkinson. Os pacientes receberam um protocolo de tratamento de 16 sessões com jogos de *Wii* e evidenciou-se aumento da  $Pi_{máx}$  e  $Pe_{máx}$  bem como menor recrutamento dos músculos acessórios da respiração.

Na SD, o pioneiro estudo de Rahman et al.<sup>13</sup> sugere que os jogos *WF* como terapia baseada na RV podem melhorar o equilíbrio e a estabilidade postural em crianças com a síndrome. O grupo de Rahman dividiu 30 crianças SD, com idades entre 10 a 13 anos, em dois grupos: um que recebeu um programa de fisioterapia tradicional, e outro grupo que recebeu um programa de três jogos *WF*, além do programa de fisioterapia tradicional. O tratamento de ambos os grupos foi contínuo durante seis semanas e, após a intervenção, verificou-se melhora significativa do equilíbrio no grupo que realizou *WF* adjunto ao programa de fisioterapia tradicional. Na mesma linha, Wuang et al.<sup>14</sup> compararam o efeito da terapia ocupacional padrão com os efeitos da RV utilizando-se também da tecnologia *Wii*. Como resultado, no pós-intervenção os participantes do grupo RV apresentaram melhora sobre a proficiência

motora, habilidade visual-integrativa e integrativa sensorial.

Importante ressaltar que, do ponto de vista motor, os estudos têm evidenciado benefícios com a RV. No entanto, as repercussões dos jogos virtuais em parâmetros de avaliação respiratória, como do corrente relato, merecem investigações futuras. Nesse contexto, corroborando com estudos pré-existentes, os resultados evidenciados no corrente relato, vigoram que a intervenção com RV pode ser utilizada como um recurso coadjuvante na fisioterapia da criança SD. Porém, vale apresentar como limitação, a inviabilidade na generalização dos resultados aqui verificados, uma vez que se trata do comportamento de apenas um indivíduo com SD e um período curto de intervenção.

## CONCLUSÃO

Após os resultados encontrados no presente estudo, pode-se concluir que o uso da RV é viável como terapêutica adjuvante na fisioterapia de uma criança de 12 anos com SD. De acordo com os resultados aqui apresentados, a RV foi um recurso capaz de potencializar, de forma concomitante: a melhora do desenvolvimento motor, da motricidade fina e global; da força muscular expiratória; e da velocidade, tempo de reação e controle direcional no equilíbrio corporal posterior, da participante analisada. Por se tratar do relato de um caso, recomenda-se a realização de futuras pesquisas nessa linha, tendo em consideração a importância de se avaliar o efeito dessa intervenção nesses e em outros desfechos clínicos em longo prazo. Sobretudo, o uso da RV demonstrou ser uma promissora opção terapêutica a ser incorporada na fisioterapia de crianças com SD.

## FONTE DE FINANCIAMENTO

Nada a declarar.

## CONFLITO DE INTERESSES

Nada a declarar.

## REFERÊNCIAS

1. Roseane Furlan F, Sgariboldi D, Brigatto P, Pazzianotto- Forti EM. Avaliação da força muscular respiratória em indivíduos com síndrome de down. *O Mundo Saude*. 2015;39(2):182-7. <http://dx.doi.org/10.15343/0104-7809.20153902182187>.
2. Mello BCC, Ramalho TF. Uso da realidade virtual no tratamento fisioterapêutico de indivíduos com Síndrome de Down. *Revista Neurociências*. 2015;23(1):143-9. <http://dx.doi.org/10.34024/rnc.2015.v23.8057>.
3. Rosa Neto F, Santos APM, Xavier RFC, Amaro KN. A Importância da avaliação motora em escolares: análise da confiabilidade da Escala de Desenvolvimento Motor. *Rev*



- Bras Cineantropom Desempenho Hum. 2010;12(6):422-7. <http://dx.doi.org/10.5007/1980-0037.2010v12n6p422>.
4. NeuroCom® International, Inc. Manual. Sistemas Balance Manager: Instruções de uso. Clackamas, Oregon, 2010.
  5. American Thoracic Society. Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(4):518-624. <http://dx.doi.org/10.1164/rccm.166.4.518>. PMID:12186831.
  6. Salem Y, Gropack SJ, Coffin D, Godwin EM. Effectiveness of a low-cost virtual reality system for children with developmental delay: a preliminary randomised single-blind controlled trial. *Physiotherapy*. 2012;98(3):189-95. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2012.06.003>. PMID:22898574.
  7. Ghafar MA, Abdel A, Osama R. Effect of virtual reality versus traditional physical therapy on functional balance in children with down syndrome: A randomized comparative study. *Int J Physiother Res*. 2017;5(3):2088-94. <http://dx.doi.org/10.16965/ijpr.2017.146>.
  8. Değer Ü, Uzuner S, Tuzun EH, Eker L, Mihcioglu S, Malkoc M. Pulmonary functions, respiratory muscle strength and motor skills in children with down syndrome: a comparative study. *Eur Respir J*. 2017;50:2566.
  9. Domènech-Clar R, López-Andreu JA, Compte-Torrero L, De Diego-Damiá A, Macián-Gisbert V, Perpiñá-Tordera M, et al. Maximal static respiratory pressures in children and adolescents. *Pediatr Pulmonol*. 2003;35(2):126-32. <http://dx.doi.org/10.1002/ppul.10217>. PMID:12526074.
  10. Araujo LB, Freitas ACL, Campos JA, Guimarães JPK, Dos Reis LM, Silva AM, et al. Efeito da realidade virtual no recrutamento de fibras musculares e força muscular respiratória em pacientes com doença de Parkinson-estudo piloto. *Fisioterapia Brasil*. 2020;21(4):343-54. <http://dx.doi.org/10.33233/fb.v21i4.2932>.
  11. Schuster RC, Rosa LR, Ferreira DG. Efeitos do treinamento muscular respiratório em pacientes portadores de síndrome de Down: estudo de casos. *Rev Fisioter S Fun*. 2012;1(1):52-7.
  12. Vural M, Özdal M, Pancar Z. Effects of inspiratory muscle training on respiratory functions and respiratory muscle strength in Down syndrome: A preliminary study. *Isokinet Exerc Sci*. 2019;27(4):283-8. <http://dx.doi.org/10.3233/IES-193127>.
  13. Rahman SA, Rahman A. Efficacy of virtual reality-based therapy on balance in children with Down syndrome. *World Appl Sci J*. 2010;10(3):254-61.
  14. Wuang YP, Chiang CS, Su CY, Wang CC. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in children with Down syndrome. *Res Dev Disabil*. 2011;32(1):312-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2010.10.002>. PMID:21071171.