

Artigo de Original

Efeitos da realidade virtual no equilíbrio postural e tempo de reação motora de crianças e adolescentes com síndrome de Down: série de casos**Effects of virtual reality on postural balance and motor reaction time in children and adolescents with Down syndrome: case serie**<http://dx.doi.org/10.18316/sdh.v12i2.10686>

William Bezerra Leite^{1*} ORCID 0000-0003-0750-8838, Francisca Railane da Silva de Souza¹ ORCID 0000-0002-6617-0702, Rafaela Marinho dos Santos¹ ORCID 0000-0002-3252-9713, Deliany Mendes da Silva Batista¹ ORCID 0000-0001-6618-4859, Rafael de Menezes Reis¹ ORCID 0000-0002-8496-5939, Christian Caldeira Santos² ORCID 0000-0001-6394-5288

RESUMO

Objetivo: Analisar a eficácia da realidade virtual (RV) no equilíbrio e tempo de reação motora em crianças e adolescentes com síndrome de Down (SD) da Associação Pestalozzi de Coari, Amazonas (AM). **Materiais e Métodos:** Série de casos, na qual foram recrutadas seis crianças e adolescentes portadoras de SD e idade de 8 a 17 anos, divididos em grupo experimental (GE) e grupo controle (GC), alocados randomicamente. Ambos os grupos foram avaliados com a Escala de Equilíbrio Pediátrica (EEP) e pelo aplicativo *TReaction* adaptado. O GE foi submetido à RV através do videogame Xbox 360^o, em 10 sessões de 30 minutos, duas vezes por semana. O GC não recebeu intervenção. Ao final, ambos os grupos foram reavaliados. Foi utilizada análise de variância (ANOVA) seguida do *post hoc* de Tukey para identificar as possíveis diferenças intra e intergrupos, sendo $p < 0,05$. **Resultados:** Os indivíduos submetidos à RV obtiveram nível de significância melhor no equilíbrio comparado àqueles que não foram submetidas à RV, sendo $p=0,024$ o efeito entre grupos; não houve ganhos significantes no tempo de reação motora entre grupos, sendo $p=0,236$. **Conclusão:** A RV mostrou-se eficaz no equilíbrio postural em crianças e adolescentes portadoras de SD. Devido à amostra reduzida sugere-se a mesma como uma hipótese de instrumento de tratamento fisioterapêutico para a melhora do equilíbrio postural no grupo estudado.

Palavras-chave: Controle da postura; Velocidade de resposta; Jogos de vídeo; Trissomia do cromossomo 21.

¹ Universidade Federal do Amazonas, Coari - AM, Brasil

² Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana - RS, Brasil

* **Autor correspondente:** William Bezerra Leite. Estrada Coari/Mamiá, 305, Coari - AM, Brasil, E-mail: williamleite@ufam.edu.br.

ABSTRACT

Objective: To analyze the efficacy of virtual reality (VR) on balance and motor reaction time in children and adolescents with Down Syndrome (DS) from the Pestalozzi Association of Coari, Amazonas (BRA). **Materials and Methods:** Case series of six children and adolescents with DS and age from 8 to 17 years were recruited, divided into experimental group (EG) and control group (CG), randomly allocated. Both groups were assessed with the Pediatric Balance Scale (PBS) and the adapted TReaction application. The EG underwent VR using the Xbox 360 video game, in 10 sessions of 30 minutes, twice a week. The CG did not receive intervention. At the end, both groups were reevaluated. Analysis of variance (ANOVA) was used followed by Tukey's Post Hoc to identify possible intra- and inter-group differences, $p < 0.05$ **Results:** Individuals who underwent VR obtained a level of significance better in balance compared to those who did not undergo VR, $p=0.024$ being the effect between groups, there were no significant gains in motor reaction time when comparing the groups, $p=0.236$. **Conclusion:** VR proved to be effective for postural balance in children and adolescents with DS. Due to the small sample, it is suggested as a hypothetical physiotherapeutic treatment tool to improve postural balance in the group studied.

Keywords: Postural control; Response speed; Video games; Trisomy 21.

INTRODUÇÃO

A síndrome de Down (SD) é uma doença cromossômica caracterizada por trissomia do par cromossomo 21, que resulta em um genótipo de 47 cromossomos em cada célula do indivíduo¹. Clinicamente é caracterizada por atraso mental, hipotonia muscular em diversos graus, que prejudicam o desenvolvimento do esquema corporal e temporal, assim como, apresentam alterações no equilíbrio, na noção espacial, na coordenação motora e na marcha².

É a anormalidade genética associada à deficiência intelectual mais incidente no Brasil, chegando a atingir aproximadamente uma criança a cada 600 a 800 nascimentos, sem preferência por raça, sexo, classe social ou região geográfica, no mundo, a incidência estimada é de 1 em 1 mil nascidos vivos¹.

Disfunções no controle postural são muitas vezes descritas em indivíduos com SD e relacionadas com dificuldades na coordenação motora, integração sensório-motora ou simplesmente com movimentos desajeitados. O controle motor repercute déficits nos mecanismos relacionados ao controle postural, atrasando-a. Nesse sentido, esses indivíduos apresentam dificuldade no controle postural, tendo como consequência o déficit de equilíbrio³.

O controle postural possui dois objetivos: a orientação e o equilíbrio postural. A orientação postural está relacionada ao posicionamento e ao alinhamento dos segmentos corporais em relação ao espaço. O equilíbrio postural é o estado no qual as forças que atuam sobre o corpo estão balanceadas para o corpo permanecer na posição e orientação desejada⁴. Os indivíduos com SD apresentam déficit de equilíbrio, onde os ajustes posturais manifestam-se com atraso⁵.

O tempo de reação dos indivíduos com SD é maior, quando comparado aos indivíduos normais. Esse problema acontece tanto, no tocante ao tempo de reação simples que é a resposta que exigirá um único estímulo, quanto ao tempo de reação de escolha que será através de vários estímulos,

existindo uma resposta específica dentre várias. As funcionalidades relacionadas ao tempo de reação simples estão associadas às estruturais físicas e orgânicas, como exemplo, a mielinização do sistema nervoso central e periférico, ao passo que o tempo de reação de escolha, pode melhorar consideravelmente a partir do treinamento. Trata-se de uma perspectiva interessante, sobretudo quando se considera que essa capacidade é uma exigência de muitas habilidades abertas, como os jogos e as brincadeiras que exigem a escolha de uma resposta, dentre duas ou mais possíveis ⁶.

A fisioterapia deve atuar de maneira precoce nos portadores de SD, auxiliando o sistema motor, estimulando o desenvolvimento sensorial e cognitivo infantil. As intervenções fisioterapêuticas mais comuns utilizadas são: o método *Bobath* por ser um tratamento neuroevolutivo que tem como objetivo central a inibição dos padrões das atividades reflexas anormais que em associação com técnicas de estimulação tátil proprioceptivas que promovem um ajustamento dos movimentos intrínsecos e automáticos; o método *Kabat* que é uma técnica de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) e tem como finalidade melhorar a coordenação motora por meio da reeducação seletiva de cada elemento motor, possuindo como objetivo específico em aumentar ou recuperar a força muscular dos membros como também desenvolver a coordenação motora nos pacientes; a equoterapia que utiliza o cavalo que caminha de forma tridimensional, resultando em um movimento similar ao da marcha humana com movimentos alternados dos membros superiores e da pelve; e a hidrocinesioterapia que consiste em uma terapia aquática que utiliza as propriedades físicas da água e sua capacidade térmica para promover o bem estar físico, como também no processo de reabilitação cardiovascular, relaxamento e diminuição do tônus muscular, criando assim um ambiente estimulante para o paciente⁷.

Os fisioterapeutas buscam continuamente ferramentas inovadoras no contexto da reabilitação. A realidade virtual (RV) é uma tecnologia computacional que recria ambientes virtuais por meio de estímulos visuais, auditivos, vestibular e somatossensorial simulando a sensação de interagir em um ambiente real por meio de vídeo games⁸. Os dispositivos utilizados apresentam ao usuário a impressão de que este está funcionando no ambiente tridimensional real, o que permite a exploração do ambiente e a manipulação natural dos objetos com o uso das mãos, como exemplo: para apontar, pegar e realizar outras ações. Consoles, óculos, monitor, TV de LCD e outros periféricos permitem que o operador visualize o mundo virtual⁹. Os aspectos lúdicos são considerados fundamentais para as aprendizagens e terapias, revelando-se o ponto principal para a busca do objetivo motor. Segundo *Kopczynski* (2012)¹⁰, o trabalho com a criança deve ocorrer com brinquedos e com meios que possam auxiliar na expressão e no contato com diferentes descobertas sensoriais e motoras. Assim, a RV pode apresentar-se como instrumento de auxílio no tratamento fisioterapêutico de forma atrativa, motivacional e lúdica para pessoas com SD ^{1,11,12,13} facilitando o desenvolvimento das habilidades perceptuais e motoras através da experiência virtual interativa durante o tratamento fisioterapêutico^{1,14}.

Diante dessas considerações, esse estudo apresenta-se para ampliar as possibilidades de tratamento fisioterapêutico em que a RV pode vir a contribuir para os desfechos clínicos direcionados ao equilíbrio e ao tempo de reação motora durante a intervenção fisioterapêutica em crianças e adolescentes com SD. Acredita-se que uma eficácia maior pode ser alcançada no tratamento, onde este tende a ser mais interessante, lúdico e motivador para a população com SD, fato este apontado, como princípio básico para o aprendizado motor. Diante disso, buscou-se analisar se a RV é eficaz no equilíbrio postural e tempo de reação motora em crianças e adolescentes portadoras de SD atendidas na Associação Pestalozzi do município de Coari, Amazonas (BRA).

MATERIAIS E MÉTODOS

Design de estudo e considerações éticas

Foi realizado um estudo de série de casos, na Associação Pestalozzi de Coari, AM, no período de junho a agosto de 2022. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), sob número de Parecer 5.398.231. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), baseados na Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, foi apresentado aos pais ou responsáveis e aos participantes da pesquisa, com posterior assinatura e entrega de uma cópia aos participantes.

Participantes

A amostra foi intencional, não probabilística, visto ser a instituição co-participante do estudo um dos principais estabelecimentos destinado à assistência da população com deficiência física e mental no município. Todas as crianças e adolescentes portadoras de SD de 8 a 17 anos, de ambos os sexos, matriculadas na instituição, poderiam compor a amostra, visto esses serem os critérios de inclusão. Foram excluídos do estudo as crianças e adolescentes com condições passíveis de inviabilizar a execução da pesquisa, ou seja, aqueles que apresentaram deficiência física, cognitiva, visual e auditiva graves, na qual não conseguiram compreender as instruções para realização das atividades avaliativas e o treinamento utilizando a RV, por meio da gameterapia. De um total de 24 crianças e adolescentes com SD aptas a participarem do estudo, 13 residiam em zona rural e desistiram de participar devido dificuldade de transporte, cinco os pais disseram não ter interesse na participação dos filhos e seis participantes foram autorizados pelos pais ou responsáveis a comporem a amostra. Todos os participantes foram alocados randomicamente em grupo experimental (GE) ou em grupo controle (GC), sendo três participantes em cada grupo. Para tanto, foi utilizada a plataforma *online* www.randomizer.org.br.

Instrumentos de medida ou de avaliação

Os grupos foram avaliados antes e após o treinamento de RV por meio da gameterapia pelos instrumentos: (a) Escala de Equilíbrio Pediátrica (EEP), versão brasileira, reconhecida e validada por Ries *et al* (2012)¹⁵ que é constituída de 14 itens que simulam atividades de vida diária, envolvendo o equilíbrio estático e dinâmico. Cada item possui uma pontuação que varia de 0 a 4, com pontuação total de 0 a 56, sendo que quanto maior o valor, melhor o equilíbrio¹⁵. (b) Aplicativo de *smartphones* *Treaction* adaptado, esse aplicativo foi desenvolvido para avaliação de baixo custo do tempo de reação motora, com fácil aplicação em esportes de combate¹⁶. É um instrumento reconhecido e validado que capta a velocidade do gesto motor em resposta a um estímulo visual, no caso o *flash* do *smartphone*. O aplicativo capta e disponibiliza em milissegundos, o tempo da ação motora, fornecendo uma medida precisa da resposta motora para diferentes técnicas de chutes e socos usadas em artes marciais. Para a realização do teste foi necessário um local livre de ruídos e com boa luminosidade. Em nosso estudo, o uso do aplicativo foi no modo manual, os participantes ficavam em pé, a 3 metros de distância do *smartphone* com os braços abertos, sendo solicitada de forma adaptada a atividade de bater palmas quando visualizasse o *flash* do *smartphone*, a ação foi repetida três vezes e feito a média dessas medidas.

Procedimentos

O GE foi submetido a um protocolo de treinamento de RV por meio da gameterapia, no qual foi utilizado o jogo *Just dance 2015*, do *videogame Xbox 360°*, na qual era composta por um sensor *kinect* para captação dos movimentos dos participantes. O jogo apresenta danças de nível fácil, para iniciantes, de nível intermediário, para quem possui certa prática com o jogo e nível avançado para quem consegue realizar danças com muita rapidez. Foi realizado um treinamento inicial para aprendizado do jogo, na qual os indivíduos, em uma sala da escola, eram orientados a ficar em pé, cerca de dois metros frontais à TV, realizando movimentos espelhados da dança que eram propostos pelo jogo. Uma pesquisadora acompanhava a dança juntamente com o participante. Foram selecionadas danças de nível fácil para execução do jogo. Cada sessão durou 30 minutos, foram realizadas duas vezes na semana, totalizando 10 sessões de RV. O GC não recebeu nenhuma intervenção, porém caso o protocolo experimental se mostrasse eficaz na melhoria dos desfechos clínicos analisados, seria garantido ao GC à mesma oportunidade de intervenção administrada ao GE, após o término do experimento. Após o estudo a RV foi oferecida de forma lúdica na instituição co-participante para todos os alunos.

Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada pelo *Software Jamovi Training para Windows*, versão 2.2. Foi utilizada análise de variância (ANOVA) univariada, com medidas repetidas, seguida do *Post Hoc* de Tukey para identificar as possíveis diferenças intra e intergrupos, sendo o nível de significância $p < 0,05$.

RESULTADOS

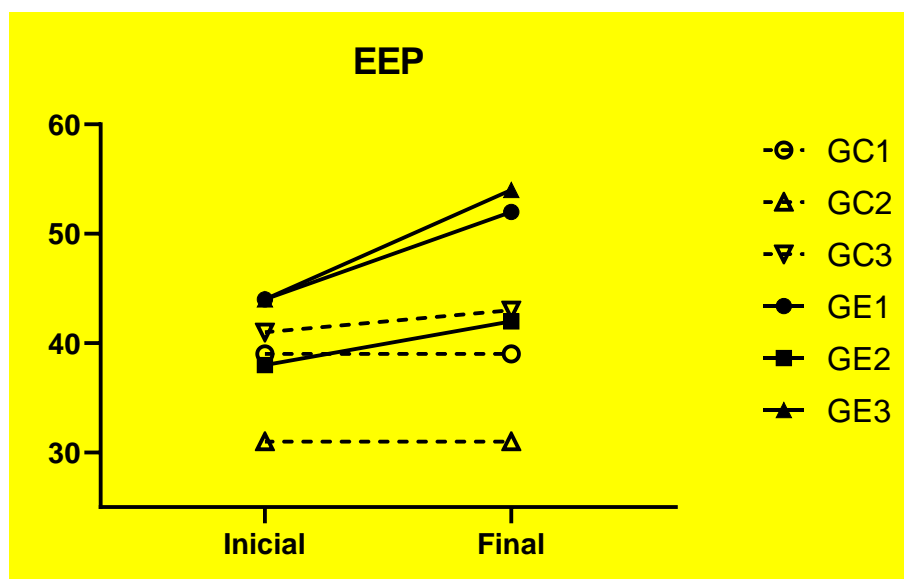
A amostra foi composta por seis crianças e adolescentes de ambos os sexos, sendo quatro do sexo masculino e duas do sexo feminino e média de idade de $12,5 \pm 3,67$. Não houve diferença significativa quanto aos valores avaliados da linha de base entre GC e GE ($p=0,25$). Quanto ao desfecho clínico equilíbrio, a Tabela 1 apresenta os resultados pré e pós intervenção do protocolo de RV por meio da gameterapia. Foi possível notar diferença estatística significativa ($p<0,05$) entre os resultados da avaliação pré e pós intervenção com RV. Posteriormente, o Gráfico 1 apresenta a evolução de cada paciente de GC e GE, onde é possível observar a melhora do equilíbrio das crianças submetidas à RV.

Tabela 1. Médias da frequência relativa do teste de equilíbrio em crianças de 8 a 17 anos portadoras de SD da Associação Pestalozzi de Coari (AM) 2022.

Tipo de intervenção	Média do score de equilíbrio (EEP)		Valor - p
	Pré	Pós	
GC	37,0	37,7	
GE	42,0	49,3	
Efeito entre sujeitos	-	-	0,013
Efeito entre grupos	-	-	0,024

Fonte: Autores

Gráfico 1. Comparação dos pacientes dos grupos controle e experimental pré e pós intervenção do teste de equilíbrio em crianças de 8 a 17 anos portadoras de SD da Associação Pestalozzi de Coari (AM) 2022.



Fonte: Autores

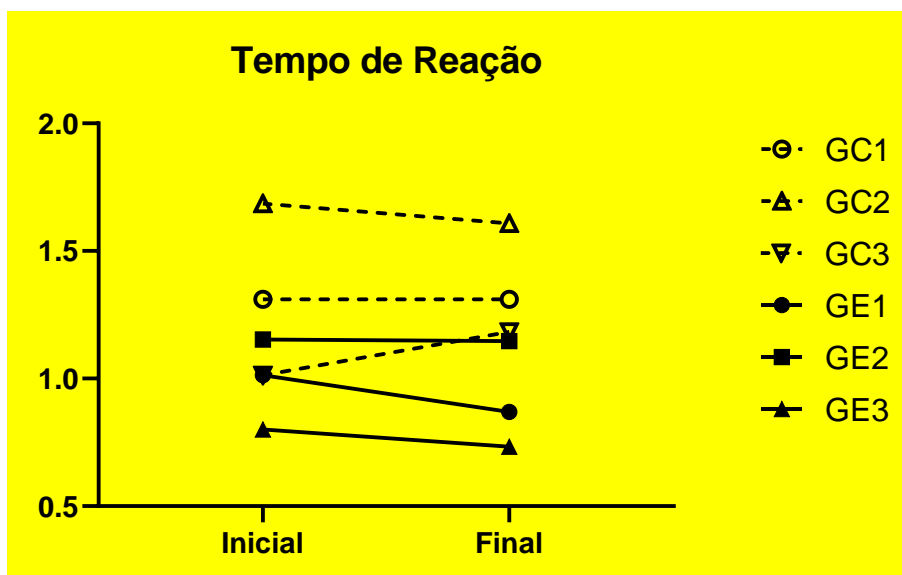
A avaliação do tempo de reação motora foi feita pré e pós intervenção entre os grupos, através do Aplicativo *Traction* adaptado. Em vista dos resultados mostrados na Tabela 2, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos. O Gráfico 2 mostra a comparação entre os voluntários dos grupos, onde é observada diferença não significativa no tempo de reação motora das crianças do GE, quando comparada ao GC.

Tabela 2. Média da frequência relativa do tempo de reação motora em crianças de 8 a 17 anos portadoras de SD da Associação Pestalozzi de Coari (AM) 2022

Tipo de intervenção	Média do tempo de reação motora		Valor - p
	Pré	Pós	
GC	1,3364	1,3672	
GE	0,9888	0,9163	
Efeito entre sujeitos	-	-	0,236
Efeito entre grupos	-	-	0,130

Fonte: Autores

Gráfico 2. Comparação dos pacientes dos grupos controle e experimental pré e pós intervenção do teste de reação motora em crianças de 8 a 17 anos portadoras de SD da Associação Pestalozzi de Coari (AM) 2022.



Fonte: Autores

DISCUSSÃO

O presente estudo investigou os efeitos de uma intervenção com 10 sessões de gameterapia baseada na RV para os desfechos clínicos de equilíbrio e tempo de reação motora em crianças e adolescentes com SD. Os resultados mostraram que os participantes do GE melhoraram significativamente o equilíbrio ($p < 0,024$), e não apresentaram melhora significativa no tempo de reação motora, quando comparado ao GC.

O recurso *videogame Xbox 360* com sensor *Kinect*, constitui-se como uma atividade dinâmica que estimula diferentes aspectos do desenvolvimento, não se restringindo apenas aos aspectos motores, mas também estimula aspectos cognitivos, sensoriais e sociais. Em um estudo descritivo, de um relato de caso de uma criança com SD, os autores afirmaram que a RV pode ser uma alternativa terapêutica com crianças com SD, visto que os resultados obtidos no estudo contribuíram para o desenvolvimento da motricidade global, equilíbrio, esquema corporal/rapidez e organização espacial. Ainda, os autores referem que a RV se apresenta como uma possibilidade de ação junto à criança SD, na interface entre a área da saúde e da educação. Dessa forma infere-se que a RV além de ser benéfica sobre o equilíbrio, proporciona a criança e o adolescente com SD uma interação com o videogame, tornando a sessão de fisioterapia mais atrativa e agradável¹⁷.

Em um ensaio clínico com 30 crianças e adolescentes com SD de 10 a 13 anos, comparou-se um GC que realizou tratamento com fisioterapia tradicional, com um GE que somado a esse tratamento convencional foi submetido à terapia de realidade virtual. O resultado demonstrou melhora significativa no equilíbrio do GE quando comparado ao grupo controle¹⁸. Similarmente, em outro estudo, com 26 crianças com SD, a RV demonstrou melhora do equilíbrio funcional, no qual comparou-se o treinamento de equilíbrio com jogos Nintendo Wii no GE e a fisioterapia tradicional no GC. Ambos os grupos apresentaram melhora no equilíbrio, porém foram identificadas melhoras significativas do equilíbrio no GE, quando comparado ao GC¹⁹. Em um relato de caso envolvendo uma criança de 12 anos com SD, usando uma intervenção baseada em RV de 8 semanas foi observado que o equilíbrio pode sofrer influências significativas da terapia, com melhora nos testes de oscilação, de controle postural, equilíbrio, agilidade e velocidade²⁰.

Geralmente, o equilíbrio em resposta às alterações posturais é mais influenciado pelo visual do que pelos sistemas vestibular e somatosensorial²¹. A visão recebe indicações precisas e auxilia a função motora, integrando informações sobre as posições do corpo no espaço e ambiente externo²².

A utilização da RV envolve formas aumentadas de *feedback* sensorial que permite a detecção de alterações de postura e equilíbrio e suas correções, permitindo assim ao participante utilizar ambos os controles de *feedback* em tempo útil e controle preparatório durante os diferentes desafios de equilíbrio.

O ganho de equilíbrio, frequentemente observado nas crianças após atividade com o videogame está correlacionado à possibilidade proporcionada pelo método de favorecer tanto o equilíbrio estático, quanto o dinâmico, diferente do que se percebe em outras técnicas fisioterapêuticas, que têm como foco, em alguns momentos, o equilíbrio estático²³.

Em um estudo com dois atletas, foi realizado 59 golpes para avaliar o tempo de resposta ao estímulo visual usando o aplicativo *Treaction*, e concluíram que o aplicativo é uma ferramenta válida para avaliar o tempo de resposta motora em atletas de esportes de combate¹⁶. Esse aplicativo foi idealizado para atletas adultos, com isso não podemos comparar um estudo com atletas adultos com crianças com SD, onde se pode ter influenciado no resultado desse estudo.

O desenvolvimento motor em indivíduos com SD é mais retardado e apresenta grande variabilidade no progresso motor com tempos de reação motora e movimentos lentos em comparação com indivíduos normais com mesma idade²⁴. Em um estudo comparando adolescentes com atraso cognitivo, SD e autismo, em relação ao processamento de informações seriadas usando uma tarefa de rastreamento de tempo de reação simples. As análises indicaram que sete adolescentes com atraso cognitivo, oito com autismo e três com SD tiveram tempos de reação simples significativamente mais lentos e mais variáveis do que 10 estudantes universitários. Além disso, os adolescentes autistas apresentaram tempo médio de reação simples significativamente mais rápido do que aqueles com SD. Os adolescentes com SD tiveram um tempo de reação marcadamente mais lento e variável do que os adolescentes com atraso cognitivo sem SD²⁵.

Num estudo que examinou o processamento de *feedback* visual em movimentos dirigidos por objetivos em adultos com SD, os participantes com SD exibiram tempos de reação motora mais longos do que os participantes sem SD, sugerindo que as pessoas com SD são mais dependentes do *feedback* produzido pela resposta, ou, que necessitam de mais tempo para processar o *feedback*²⁶. Os indivíduos com SD têm uma variabilidade muito maior no momento do início da ativação muscular, de tal forma que a ativação muscular distal precede frequentemente a ativação muscular proximal, e deficiências na propriocepção poderiam ser explicações prováveis para tempos de movimento e reação mais longos²⁷.

Importante ressaltar que, do ponto de vista do equilíbrio, os estudos têm evidenciado benefícios com a RV em indivíduos com SD. No entanto, as repercussões da RV no parâmetro do tempo de reação motora, como do corrente relato, merecem investigações futuras.

Entre as limitações do estudo ressalta-se o pequeno tamanho de amostra, por ser um estudo aberto, pode ter ocorrido viés de aferição, uma vez que os pesquisadores sabiam a qual grupo cada criança havia sido alocada. Dificuldade dos participantes na compreensão das instruções que lhes eram propostas na avaliação com o aplicativo *Treaction*, na qual foram repetidas várias vezes até que o participante entendesse qual momento exato em que deveria realizar o movimento. O registro do número de crianças e adolescentes com SD na Associação Pestalozzi, fornecido pela secretaria da instituição não correspondia com a idade para este estudo, sendo a maioria de idade adulta. A amostra foi pequena devida essa desproporção da idade dos alunos com SD. Outra limitação foi o elevado número de faltas das crianças e adolescentes ao atendimento, devido dificuldades de transporte até a instituição. Recomenda-se, portanto, novos estudos com uma amostra maior e instrumento de aferição do tempo de reação motora de fácil manejo para a população de crianças e adolescentes portadores de SD, para confirmação dos resultados do estudo em questão.

CONCLUSÃO

O grupo GE avaliado pela EEP, apresentou uma melhor eficácia na avaliação do equilíbrio postural quando comparado ao GC. Já na avaliação do tempo de reação motora pelo aplicativo *TReaction*, não houve resultados significativos do GE quando comparado ao GC, após 10 sessões de RV.

Considerando que o estudo conseguiu incluir apenas seis participantes, esse fato não garantiu que os grupos fossem homogêneos e nem permitiu uma análise multivariada. Os resultados permitem apenas levantar a hipótese de que a RV pode ser eficaz para melhorar o equilíbrio postural em crianças e adolescentes portadores de SD. Sendo assim, há necessidade de novas pesquisas, com amostras maiores e uma metodologia melhor delineada para evitar vieses e assim confirmar os achados da pesquisa realizada.

Conflito de interesses:

Não há conflito de interesses na publicação

Contribuições dos autores

WBL: contribuiu na concepção, no planejamento do estudo, na obtenção dos dados, na análise, interpretação dos dados e redação do estudo.

FRSS: contribuiu na concepção, no planejamento do estudo e na obtenção dos dados.

RMS: contribuiu na concepção, no planejamento do estudo e na obtenção dos dados.

DMSB: contribuiu na concepção, redação e revisão crítica do estudo.

RMR: contribuiu na concepção, na análise, interpretação dos dados, redação e revisão crítica do estudo.

CCS: contribuiu na concepção, no planejamento do estudo, redação e revisão crítica do estudo.

REFERÊNCIAS

1. Mello BCC, Ramalho TF. Uso da realidade virtual no tratamento fisioterapêutico de indivíduos com síndrome de down. *Revista neurociências*. 2015; 23(1):143-149. Disponível em: <https://doi.org/10.4181/RNC.2015.23.01.985.7p>.
2. Bragança APF, Antunes MR. Síndrome de down e a importância da hidroterapia: caminhos para um melhor equilíbrio. *Revista digital educação física deportes* 2010; 14(142), 1-12.
3. Meneghetti CHZ, Blascovi-Assis SM, Deloroso FT, Rodrigues GM. Avaliação do equilíbrio estático de crianças e adolescentes com síndrome de down. *Rev bras. Fisioter*. 2009; 13(3): 230-5. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-3552009005000029>.
4. Barroso, A, Pudente, C. Avaliação do equilíbrio de crianças com síndrome de down. *Movimenta*, 2018; 6(3): 505-512.
5. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*. 2006; 35(S2): ii7-ii11. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ageing/afl077>.

6. Gimenez R. Atividade motora para indivíduos portadores da síndrome de Down. *Revista Digital*. 2007; 12(113): 12-27.
7. Morais KDW de, Fiamenghi-Jr GA, Campos D, Blascovi-Assis SM. Profile of physiotherapy intervention for Down syndrome children. *Fisioter mov*. 2016; 29(4):693–701. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-5918.029.004.AO05>
8. Nunes FLS, Costa RMEM, Machado LS, Moraes RM. Realidade Virtual para saúde no Brasil: conceitos, desafios e oportunidades. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*. 2011; 27(4): 243-258.
9. Tori R, Kirner, C. Fundamentos da realidade virtual. In: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTO, R. (Org.). *Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação – SBC, 2006. p. 7-22. Vol. 1.
10. Kopczyński MC. *Fisioterapia em neurologia*. Barueri, SP: Manole, 2012.
11. Ferreira MG, Theinel E, Strieder DM, Ferrari de Lima D, Batista Carvalho M. O recurso lúdico na educação infantil: vislumbrando sua aplicabilidade nas atividades propostas dos livros didáticos: Glimpsing its applicability in the activities proposed for textbooks. *Temas & Matizes*. 2023; 16(27):144-167.
12. Corrêa AGD, Monteiro CBM, Silva TD, Lima-Alvarez CD, Ficheman IK, Tudella E, Lopes R de D. Realidade virtual e jogos eletrônicos: uma proposta para deficientes. In: *Realidade virtual na paralisia cerebral*. São Paulo: Plêiade; 2011.
13. Dias RS, Sampaio ILA, Taddeo LS. Fisioterapia x Wii: A introdução do lúdico no processo de reabilitação de paciente em tratamento fisioterápico. *VIII Brazillian Symposium on Games and Digital Entertainment*. Rio de Janeiro; 2009.
14. Palavissini CFC, Lima KRL, Castro LPV, Lima DF. Digital information and communication technologies on the acquisition of scientific knowledge to deaf students: an integrative literature review. *Research, Society and Development*. 2021; 10(16):e383101623998.
15. Ries LGK, Michaelsen SM, Soares PSA, Monteiro VC, Alegretti KMG. Adaptação cultural e análise da confiabilidade da versão brasileira da Escala de Equilíbrio Pediátrica (EEP). *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2012; 16(3): 205-215. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-35552012005000026>.
16. Coswig V, Sant' Ana J, Coelho MN, Pereira Moro AR, Diefenthaler F. Development of a Mobile Phone App for Measuring Striking Response Time in Combat Sports: Cross-Sectional Validation Study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2019; 7(11): e14641. Disponível em: <https://doi.org/10.2196/14641>.
17. Lorenzo SM, Braccialli LMP, Araújo RCT. Realidade virtual como intervenção na síndrome de down: uma perspectiva de ação na interface saúde e educação. *Revista brasileira de educação especial*. 2015; 21(2): 259-274. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-65382115000200007>.
18. Rahman SARA. Efficacy of virtual reality-based therapy on balance in children with Down Syndrome. *World Appl Sci J*. 2010; 10(3): 254-61.
19. Ghafar MAA, Abdelraouf OR. 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. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.16965/ijpr.2017.146>.
20. Barros AL, Libardone 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 ciência*. 2020; 11: e38150. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.47066/2177-9333.AC.2020.0014>.

21. Lima DF, Lima MGA, Lima RA. Dicionário da Fisioterapia. Marechal Cândido Rondon, Edunioeste, 2008, 620 p.
22. Nashner L, Berthoz A. Visual contribution to rapid motor responses during postural control. *Brain Res*, 1978; 150(2): 403-407. Disponível em: [https://doi.org/ 10.1016/0006-8993\(78\)90291-3](https://doi.org/10.1016/0006-8993(78)90291-3).
23. Silva LF, Lage JB, Souza LAPS, Rosa RC, Cardoso FAG, Espindula AP. Efeitos da terapia de realidade virtual no controle postural de crianças com síndrome de Down. *Research, Society and Development*. 2021; 10(6): e41410615966. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15966>.
24. Sacks B, Buckley S. What do we know about the movement abilities of children with Down syndrome? *Down syndrome News and Update*. 2003; 2(4):131-141. Disponível em: [https://doi.org/ 10.3104/updates.193](https://doi.org/10.3104/updates.193).
25. Inui N, Yamanishi M, Tada S. Simple reaction times and timing of serial reactions of adolescents with mental retardation, autism, and Down syndrome. *Percept Mot Skills*. 1995; 81(3 Pt 1): 739-45. Disponível em: [https://doi.org/ 10.2466/pms.1995.81.3.739](https://doi.org/10.2466/pms.1995.81.3.739).
26. Chiviawsky S, Wulf G, Machado C, Rydberg N. Self-controlled feedback enhances learning in adults with Down syndrome. *Braz. J. Phys. Ther*. 2012; 16(3): 191-196. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-35552012005000019>.
27. Hinnell C, Virji-Babul N. Mental rotation abilities in individuals with Down syndrome--a pilot study. *Downs Syndr Res Pract*. 2004; 9(1): 12-16