



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA



TATIANE TARGINO GOMES DRAGHI

EFEITOS DA INTERVENÇÃO COM VÍDEO GAMES ATIVOS NO EQUILÍBRIO DE
CRIANÇAS COM E SEM TRANSTORNO DO DESENVOLVIMENTO DA
COORDENAÇÃO: UM ESTUDO FOLLOW-UP

São Carlos – SP

2023

TATIANE TARGINO GOMES DRAGHI

**EFEITOS DA INTERVENÇÃO COM VÍDEO GAMES ATIVOS NO EQUILÍBRIO DE
CRIANÇAS COM E SEM TRANSTORNO DO DESENVOLVIMENTO DA
COORDENAÇÃO: UM ESTUDO FOLLOW-UP**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Fisioterapia.

Área de Concentração: Fisioterapia e Desempenho Funcional, linha de pesquisa Processos Básicos, desenvolvimento e recuperação funcional do sistema nervoso.

Orientadora: Profa. Dra. Eloisa Tudella

Coorientadora: Profa. Dra. Lemke Dorothee Jelsma

São Carlos – SP

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

Folha de Aprovação

Defesa de Tese de Doutorado da candidata Tatiane Targino Gomes Draghi, realizada em 24/05/2023.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Eloisa Tudella (UFSCar)

Profa. Dra. Cibelle Kayenne Martins Roberto Formiga (UEG)

Prof. Dr. Jorge Alberto de Oliveira (USP)

Profa. Dra. Priscila Martins Tamplain (UT)

Prof. Dr. Silvana Maria Blascovi de Assis (Mackenzie)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia.

*Dedico esta tese a Deus, Nossa Senhora
Aparecida, a minha família, equipe de
profissionais envolvidos e a todas as crianças,
suas famílias que tornaram esse sonho possível.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ter me guiado por todo caminho. À Nossa Senhora Aparecida pela intercessão em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis.

Agradeço à minha família e meu esposo, que sempre estiveram ao meu lado. Obrigada por toda paciência e orações, sem vocês nada disso seria possível.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Eloisa, minha coorientadora, Profa. Dorothee, e à Profa. Bouwien, que nunca mediram esforços, paciência, atenção e dedicação comigo. Saibam que sou extremamente grata pelos aprendizados e oportunidades.

Agradeço ao Prof. e amigo Jorge Cavalcante, que tornou possível a parceria internacional e esteve presente em todas as coletas. Obrigada pela parceria dia a dia. Assim como a Profa. Daniela Godoi que contribuiu demais nas coletas e análises da plataforma de força.

Agradeço aos meus amigos (se você está lendo com carinho esta tese, esta mensagem é para você) que me escutaram, ajudaram de imensas formas (trabalho físico, espiritual, escuta, conselhos, puxões de orelha). Sempre costumo falar que a vida terrestre tem muitos desafios, assim, para tornar nosso caminho mais significativo, Deus envia algumas pessoas, às quais nós atribuímos o nome de amigos.

Agradeço à toda equipe de pesquisa que me auxiliou em todas as coletas, quantas idas e vindas às escolas, quantos risos, quantos registros em planilhas noite adentro, quanto perrengue, quanto cansaço, mas nunca me abandonaram. Gratidão a todos vocês, tudo valeu a pena!

Agradeço às crianças que participaram do projeto, junto a seus responsáveis, obrigada por cada sorriso e oportunidade de aprender com vocês! E claro que nada disso seria possível sem a autorização, ajuda e compreensão dos diretores, vice-diretores, coordenadores e equipe pedagógica das escolas. Obrigada por todo acolhimento, respeito, paciência e trocas de experiências.

Enfim, gratidão a toda experiência deste doutorado, a cada sorriso, choro, oportunidade, crescimento e vivência. Sou extremamente grata!

RESUMO

Introdução: Crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) apresentam variabilidade natural menos eficiente do Sistema Nervoso Central (SNC) (*rambling*), assim como um controle de feedback periférico (*trembling*) prejudicado, indicando que apresentam maior discrepância entre planejamento motor e execução. Estes fatores comprometem o controle motor e a execução de ajustes antecipatórios e reativos, com déficit na integração, o que acarreta na diminuição das respostas às perturbações mecânicas externas, tornando-as menos capazes de controlar o equilíbrio estático em comparação com as crianças típicas. Sabendo disso, é importante aprofundar a compreensão sobre a dinâmica do equilíbrio e oscilação postural das crianças com e sem TDC quando estão em apoio bipodal e unipodal. Outrossim, é importante compreender se os treinos por meios dos *active video games* (AVGs), que vêm sendo apontados na literatura como um recurso terapêutico, poderiam beneficiar o equilíbrio e a estabilidade postural, e ainda acompanhar se estas mudanças são mantidas a longo prazo. **Objetivo geral:** Analisar o equilíbrio estático das crianças com e sem TDC nas posições bipodal e unipodal, e acompanhar os efeitos do treinamento por meio dos AVGs, *Wii Fit* e *Xbox Kinect* no equilíbrio e na oscilação postural destas crianças. **Resultados:** Foram desenvolvidos ao longo deste doutorado dois estudos principais, sendo o Estudo I intitulado “Alterações de curto e longo prazo no equilíbrio após o treinamento de videogame ativo em crianças com e sem Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação: um estudo controlado randomizado”, e o Estudo II intitulado “Apoio unipodal em crianças com e sem Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação: Validade convergente entre descritores CoP e tarefas clínicas de equilíbrio”. Ambos os AVGs, *Wii Fit* e *Xbox Kinect*, proporcionaram melhora nas medidas clínicas de equilíbrio em ambos os grupos de crianças, e esse efeito ainda estava presente após quatro meses. Além disso, ambos os treinos foram capazes de modificar a oscilação na condição de olhos abertos, que corresponde às demandas da tarefa treinada. Os treinos deste estudo podem ter proporcionado a oportunidade de experimentar o deslocamento em várias direções e velocidades, e isso pode ter proporcionado, especificamente em crianças com TDC, oportunidades de explorar seus limites de estabilidade. Em relação ao apoio unipodal, as crianças com TDC tiveram desempenho pior nas tarefas de equilíbrio e oscilação postural, verificado pelos testes clínicos e pela plataforma de força (PF), em

comparação com seus pares. Além disso, diferenças entre os grupos também foram encontradas pela maioria dos descritores globais, bem como pelos descritores estruturais do *RMS-rambling* e *RMS-trembling*. As associações significativas entre a PF e as tarefas clínicas foram altas para posturas semelhantes, como *Yoga-stance* e *Hug-knee*. As relações entre as tarefas clínicas e as derivadas do CoP demonstraram validade convergente para os descritores globais. **Conclusão:** Os resultados dos dois estudos contribuem com a literatura científica e os terapeutas ao apontar os AVGs como possível recurso terapêutico no tratamento das crianças com TDC, bem como ao ampliar a compreensão sobre a dinâmica do equilíbrio unipodal, o que poderá nortear os objetivos e condutas terapêuticas.

Palavras-chaves: Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. Equilíbrio. Crianças. Plataforma de Força. *Active Video Games*.

ABSTRACT

Introduction: Children with Developmental Coordination Disorder (DCD) have less efficient natural variability of the Central Nervous System (CNS) (rambling), as well as an impaired peripheral feedback control (trembling), indicating that they have a greater discrepancy between motor planning and execution. These factors compromise motor control and the execution of anticipatory and reactive adjustments, with a deficit in integration that leads to a decrease in responses to external mechanical disturbances, making them less able to control static balance when compared to typical children. Knowing this, it is important to deepen the understanding of the dynamics of balance and postural oscillation of children with and without DCD when they are in bipodal and unipodal support. Furthermore, it is important to understand whether training through active video games (AVGs), which have been identified in the literature as a therapeutic resource, could benefit balance and postural stability, and also monitor whether these changes are maintained in the long term. **General objective:** To analyze the static balance of children with and without DCD in bipedal and unipodal positions, and to monitor the effects of training through AVGs, Wii Fit and Xbox Kinect on the balance and postural sway of these children. **Results:** Two main studies were developed throughout this doctorate, being the Study I entitled “Short- and long-term changes in balance after active video game training in children with and without Developmental Coordination Disorder: a randomized controlled trial”, and Study II entitled “One-leg stance in children with and without Developmental Coordination Disorder: Convergent validity between CoP descriptors and clinical balance tasks”. Both AVGs, Wii Fit and Xbox Kinect, provided improvement in clinical measures of balance in both groups of children, and this effect was still present after four months. Furthermore, both training were able to modify the sway in the eyes open condition, which corresponds to the demands of the trained task. The training in this study may have provided the opportunity to experience displacement in various directions and speeds, and this may have provided, specifically for children with DCD, opportunities to explore their stability limits. Regarding unipodal support, children with DCD performed worse on balance and postural sway tasks, as verified by clinical tests and the force plate (FP), compared to their peers. In addition, differences between groups were also found for most of the global descriptors, as well as for the structural descriptors of RMS-rambling and RMS-trembling. Significant associations between FP and clinical tasks were high for similar postures such as Yoga-stance and Hug-knee.

Relationships between clinical and CoP-derived tasks demonstrated convergent validity for global descriptors. **Conclusion:** The results of the two studies contribute to the scientific literature and therapists by pointing out AVGs as a possible therapeutic resource in the treatment of children with DCD, as well as by expanding the understanding of the dynamics of one-leg balance, which may guide the objectives and therapeutic conducts.

Keywords: Developmental Coordination Disorder. Balance. Children. Force Plate. Active Video Games.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Revisão de Literatura

- Figura 1. Demonstração do apoio semi-tandem (1A) e apoio unipodal (1B).29
- Figura 2. Participante do projeto realizando o treino com o *Wii Fit* sobre o WBB.34
- Figura 3. Participantes do projeto realizando o treino com o *Xbox Kinect*.35

Estudo I

- Figura 1. Fluxograma dos participantes ao longo do estudo.44
- Figura 2. Criança sobre o *Wii-Fit Balance Board*, em apoio unipodal visualizando o instrutor demonstrar a posição e seu ponto de apoio vermelho dentro da área de deslocamento amarela.46
- Figura 3. Criança sobre a plataforma de força em apoio bipodal (3A) e apoio semi-tandem (3B).47
- Figura 4. Criança na condição visual de olhos abertos (4A) e olhos fechados (4B)..48
- Figura 5. Criança na condição de superfície rígida (5A) e macia (5B).48
- Figura 6. Jogos da primeira semana do *Wii-Fit: Soccer heading* (6A), *Table tilt* (6B), *Ski jump* (6C), *Balance bubble* (6D) e *Penguin slide* (6E).51
- Figura 7. Jogos da segunda semana do *Wii-Fit: Snowboard Slalom* (7A), *Kung Fu* (7B), *Obstacle Course* (7C), *Skate Boarding* (7D) e *Perfect 10* (7E).51
- Figura 8. Jogos da primeira semana do *Xbox Adventure: River Rush* (8A), *Rally Ball* (8B), *20.000 Leaks* (8C), *Reflex Ridge* (8D) e *Space pop* (8E).52
- Figura 9. Jogos da segunda semana do *Xbox Sport: Atletismo* (9A), *Futebol* (9B), *Vôlei de Praia* (9C) e *Tênis de Mesa* (9D).52
- Figura 10. Média e desvio padrão dos dados pré, pós-treinamento e *follow up* do *Balance Standard Score* (10A) e *Total Standard Score* (10B) para o grupo DT e TDC.56
- Figura 11. Média e desvio padrão dos dados pré e pós-treinamento sobre tempo*grupo*visual em RMS_ap (11A) e VEL_ap (11B).58
- Figura 12. Média e desvio padrão sobre o tempo*AVG*visual dos dados pré e pós-treinamento no RMS_ap (4A) e dos dados pré, pós-treinamento e *follow up* no RMS_ap (4B).60

Estudo II

Figura 1. Criança sobre a plataforma de força, em apoio unipodal com olhos abertos olhando para o ponto preto fixo na parede.....	73
Figura 2. Crianças realizando as posições <i>Hug Knee</i> (2A), <i>Touch-toe</i> (2B) e <i>Move-can</i> (2C).	75
Figura 3. Criança sobre o <i>Wobble Board</i> , em apoio unipodal.	76
Figura 4. Fluxograma do estudo.....	77

LISTA DE TABELAS

Estudo I

Tabela 1. Características das crianças com TDC e DT por dispositivo (<i>Wii Fit</i> e <i>Xbox Kinect</i>).	54
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Estudo II

Tabela 1. Média, desvio padrão, mediana, intervalo, valor de U , valor de p , d de Cohen dos descritores da plataforma de força. Os tamanhos de efeito que atendem ao grau de discriminação exigido estão impressos em negrito.	79
Tabela 2. Média, desvio padrão, mediana, intervalo, valor de U , valor de p e tamanhos de efeito d de tarefas clínicas. Os tamanhos de efeito que atendem ao grau de discriminação exigido são impressos em negrito.	80
Tabela 3. Coeficiente de determinação (CD) baseado na correlação entre as variáveis da plataforma de força e tarefas clínicas. As duas primeiras colunas representam dados das tarefas clínicas com a posição idêntica ao apoio unipodal da plataforma de força e as três últimas são tarefas de apoio unipodal diferentes. Coeficiente de determinação que atendem às associações significativas são impressas em negrito.	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AP - Anteroposterior
- APAE - Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais
- AVG - Active vídeo games
- BOT-2 - Bruininks-Oseretsky Test segunda edição
- BSS - Balance Standard Score
- CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CoP- Centro de Pressão
- DSM-5 - Diagnostic and statistical manual of disorders - 5ª edição
- DSM-5-TR - Diagnostic and statistical manual of disorders - 5ª edição - Text Revision
- DT - Desenvolvimento Típico
- EMG - Eletromiografia
- GLM - Modelo Linear Geral
- KITAP - Kinderversion der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung
- MABC-2 - Movement Assessment Battery for Children segunda edição
- MWU - Mann-Whitney
- ML – médio lateral
- NENEM - Núcleo de Estudos em Neuropediatria e Motricidade
- NIEP: Número de pontos de equilíbrio instantâneos
- ORCID - Open Researcher and Contributor ID
- PBS - Pediatric Balance Scale
- PERF-FIT - Performance and Fitness battery
- PF - Plataforma de Força
- PPG-FT - Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia
- RMS - Root means square
- SFhor - Forças horizontais aplicadas na plataforma de força
- SPSS - Statistical Package for Social Sciences
- SNC - Sistema Nervoso Central
- TDC - Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação
- TSS - Total standard score
- UFSCAR - Universidade Federal de São Carlos
- VEL – Velocidade média
- WBB - Wii balance board

SUMÁRIO

1	PREFÁCIO	16
1.1	Inserção na linha de pesquisa da orientadora do programa de pós-graduação em fisioterapia.....	16
1.2	Parcerias nacionais e internacionais.....	17
1.3	Originalidade	18
1.4	Contribuição dos resultados da pesquisa para o avanço científico.....	19
1.5	Relevância social	19
1.6	Produção da doutoranda.....	20
1.6.1	Artigos Publicados	20
1.6.2	Artigos submetidos	21
1.6.3	Capítulos de livro publicados	21
1.6.4	Resumos publicados em anais de congressos	22
1.6.5	Trabalhos apresentados em eventos.....	23
1.6.6	Participação em bancas.....	23
1.6.7	Participação em banca de comissões julgadoras	24
1.6.8	Orientação concluída	24
1.7	Link do currículo Lattes do aluno e seu ORCID	25
1.8	Descrição da dissertação ou tese para o público leigo	25
2	REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1	Desenvolvimento Motor e Equilíbrio.....	25
2.2	Equilíbrio de crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação	26
2.2.1	Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação e Oscilação Postural ...	28
2.3	<i>Active vídeo games</i> e o equilíbrio	32
2.3.1	Nintendo® Wii Fit, equilíbrio e o TDC	33
2.3.2	Xbox Kinect, o equilíbrio e o TDC.....	35
3	OBJETIVOS GERAIS DA PESQUISA	38
4	MANUSCRITO	39
4.1	Estudo I.....	39
4.2	Link entre os estudos	68
4.2	Estudo II.....	69
5	CONCLUSÃO GERAL.....	87

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
REFERÊNCIAS	90
ANEXO.....	96
Anexo 1: Aprovação do Comitê de Ética.....	96
APÊNDICE	101
Apêndice A: Material suplementar do Estudo I	101

1 PREFÁCIO

1.1 Inserção na linha de pesquisa da orientadora do programa de pós-graduação em fisioterapia

Minha caminhada na área da neuropediatria e da pesquisa iniciou-se no curso de graduação em Fisioterapia, cursado na Universidade Paulista, no campus de Bauru. Neste período, tive a honra de participar de belos projetos externos, como voluntariado na equoterapia da Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) de Bauru, e também de integrar o grupo de pesquisa da universidade, desenvolvendo duas iniciações científicas e um projeto de extensão. Com isso, pude experienciar a área da neuropediatria e da pesquisa, as quais foram me encantando cada vez mais. Ao terminar a graduação, iniciei o Aprimoramento Multiprofissional na Universidade Estadual Paulista, campus de Marília, já na área fisioterapia em neuropediatria. Também rodeada por excelentes profissionais e pesquisadores, tive a vivência da prática e no desenvolvimento de projetos nas áreas de realidade virtual e transtornos da coordenação. Em seguida, na Residência Multiprofissional na área materno infantil da Faculdade de Medicina de Marília, continuei atuando nos cuidados na área de desenvolvimento infantil, desde o acompanhamento da mãe gestante até o *follow up* das crianças que eram assistidas nessa rede. Ali também pude participar de discussões e projetos multiprofissionais que foram norteadores de alguns projetos de extensão. Ao terminar a residência, minha vontade de conhecer mais sobre a área pela qual me apaixonei era grande e, como tinha a intenção de ingressar na área acadêmica procurei saber sobre os programas de pós-graduação *stricto sensu* nesta linha. Mesmo sem conhecer pessoalmente o trabalho da Profa. Dra. Eloisa Tudella, sabia, por meio da leitura de artigos científicos e de profissionais da área de neuropediatria, que a professora era referência nesta área. Por meio da leitura de alguns artigos científicos de pesquisas orientados por ela, interessei-me pela linha de pesquisa Processos básicos, desenvolvimento e recuperação funcional do sistema nervoso. Além disso, o Núcleo de Estudos em Neuropediatria e Motricidade (NENEM), coordenado pela professora, me instigou a saber mais sobre as avaliações e intervenções, os processos básicos e as diferentes etapas do desenvolvimento na infância. Assim, tive ainda mais certeza que queria ingressar no programa de Pós-Graduação em Fisioterapia (PPG-FT) da Universidade Federal de São Carlos

(UFSCAR), o qual é reconhecido mundialmente, sendo conceito sete no Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Logo, participei do processo seletivo do mestrado e fui aprovada.

No mestrado, aprendi sobre o Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) por meio do Prof. Dr. Jorge Lopes Cavalcante Neto, que na data era doutorando da Profa. Dra. Eloísa e pesquisava sobre esse tema. Após muitas pesquisa e discussões acerca das crianças com TDC, fatores emocionais, motores e equilíbrio, demos início à pesquisa no mestrado. Com o avançar dos projetos e descobertas científicas, questionamos ainda mais sobre a dinâmica do equilíbrio estático, e como este poderia ser beneficiado por treinos. Assim, considerando o treino por meio da realidade virtual, a qual eu já tinha experiência de pesquisas anteriores, e como nosso grupo de pesquisa também estava iniciando pesquisas nesta área porque outras pesquisas indicavam ser um possível recurso terapêutico eficaz para o equilíbrio, então desenvolvemos um projeto para concorrer no processo seletivo do doutorado. Este, foi aprovado e demos início a presente pesquisa.

1.2 Parcerias nacionais e internacionais

Para o desenvolvimento deste estudo, contamos com parcerias nacionais e internacionais, que colaboraram ativamente na elaboração, discussão, análise dos resultados e na elaboração dos artigos científicos frutos desta pesquisa. Como parcerias internacionais temos a Profa. Dra. Lemke Dorothee Jelsma e Profa. Dra. Bouwien Smits-Engelsman. Como parcerias nacionais temos o Prof. Dr. Jorge Lopes Cavalcante Neto e a Profa. Dra. Daniela Godoi-Jacomassi.

A Profa. Dra. Lemke Dorothee Jelsma, do Departamento *Clinical and Developmental Neuropsychology da University of Groningen, Netherlands*, é coorientadora deste doutorado. Ela possui uma grande expertise na área de Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC), demonstrada por meio das suas publicações. Nossa parceria iniciou-se em 2018, quando eu ainda estava no mestrado. O Prof. Dr. Jorge Lopes Cavalcante Neto, no ano referido realizava o doutorado sanduíche na Holanda e teve a oportunidade de conhecer a profa. Dra. Lemke Dorothee Jelsma e, junto com a Profa. Dra. Eloisa, estabeleceu essa parceria. Em 2018 a profa. Dra. Jelsma veio ao Brasil, quando pudemos desenvolver alguns projetos, e demos continuidade à parceria com o desenvolvimento deste doutorado.

Profa. Dra. Bouwien Smits-Engelsman, do *Department of Health & Rehabilitation Sciences, Faculty of Health Sciences, Division of Physiotherapy, University of Cape Town, Cape Town, South Africa*, é uma pesquisadora renomada, com vasto conhecimento e referência na área de TDC. Esta parceria também foi criada pelo Prof. Dr. Jorge e pela Profa. Dra. Eloisa, que aproveitaram a oportunidade de estarem na Holanda para conhecer também seus projetos e pesquisas. Em 2018, ela veio ao Brasil junto com a Profa. Dra. Jeslma. No Brasil, especificamente na UFSCAR, elas desenvolveram palestras e treinamentos sobre a Bateria *Performance and Fitness battery – PERF-FIT*, instrumento que foi desenvolvido pela Profa. Dra. Bouwien, e sobre o *KITAP*, além de outras discussões sobre projetos que tive a honra de participar e estamos desenvolvendo até o momento.

Prof. Dr. Jorge Lopes Cavalcante Neto, do Departamento de Ciências Humanas da Universidade Estadual da Bahia, referência científica no Brasil na área de TDC e aptidão física, esteve, desde o meu mestrado, dando apoio para a pesquisa. Atualmente, ele contribui para as produções científicas deste doutorado e de outros projetos em parceria com a Profa. Dra. Eloisa.

Profa. Dra. Daniela Godoi-Jacomassi, do Laboratório de Comportamento Motor do Departamento de Educação Física da Universidade Federal de São Carlos, possui grande expertise na área de controle postural por meio da plataforma de força, e participou diretamente deste doutorado, contribuindo nas coletas, análises dos resultados deste instrumento e, em conjunto aos demais integrantes deste projeto, continuamos produzindo artigos para esta área.

1.3 Originalidade

Até onde sabemos, este projeto foi o primeiro a avaliar a oscilação postural e o equilíbrio das crianças com e sem TDC, que foram treinadas por meio de dois videogames ativos (*Wii Fit* e *Xbox Kinect*), em três momentos (pre, pós-treinamento e *follow up*) em diferentes condições de apoio, visuais e de superfície. Ainda de forma inédita, analisamos o comportamento do Centro de Pressão (CoP) por meio das análises dos descritores globais e estruturais das crianças com e sem TDC em apoio unipodal. Além disso, também analisamos a associação entre os dados da plataforma de força e as tarefas clínicas durante a realização de tarefas semelhantes em apoio unipodal.

1.4 Contribuição dos resultados da pesquisa para o avanço científico

Os resultados encontrados no Estudo I, intitulado “Alterações de curto e longo prazo no equilíbrio após o treinamento de *active video game* em crianças com e sem Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação: um estudo controlado randomizado”, são relevantes para a comunidade científica porque pudemos demonstrar que o *Wii Fit* e o *Xbox Kinect* podem ser utilizados como recurso terapêutico, visto que o treinamento mostrou melhorias no equilíbrio e no controle postural, e ambos os dispositivos tiveram efeitos semelhantes no desempenho motor. O treino impactou significativamente a condição de olhos abertos, visto que o treinamento foi realizado nesta condição. Além disso, apresentamos um questionamento sobre o aumento dos resultados do CoP. Enquanto outros artigos apontam que este aumento pode ser um sinal de déficit de equilíbrio, argumentamos que isso pode ser devido ao aumento dos graus de liberdade gerado pelos treinos com os *active vídeo games* (AVGs), tanto no grupo de crianças com desenvolvimento típico (DT) quanto nas crianças com TDC. Nosso Estudo II, intitulado “Apoio unipodal em crianças com e sem Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação: Validade convergente entre descritores CoP e tarefas clínicas de equilíbrio”, contribuiu de modo inédito para o avanço científico, apontando e discutindo sobre os achados dos descritores globais e estruturais do CoP na posição unipodal. Também demonstramos que há associações significativas entre a plataforma de força (PF) e os testes clínicos, principalmente para os descritores globais e as tarefas clínicas que requerem posturas semelhantes. Por fim, evidenciamos que existe discrepância entre o planejamento motor e o desempenho real (*trembling*) na posição unipodal das crianças com TDC, reafirmando o déficit na sua performance motora.

1.5 Relevância social

Nossos achados contribuem para o norteamento de profissionais da saúde e educação física acerca das intervenções e treinamentos para o público com TDC, que, como pudemos evidenciar, pode se beneficiar de recursos como *Wii Fit* e *Xbox Kinect*. Estes recursos, se utilizados de modo terapêutico, por meio da seleção de jogos de acordo com o objetivo a ser alcançado, poderão promover melhora no equilíbrio e controle postural, o que poderá melhorar a funcionalidade das crianças com TDC, assim como sua participação nas atividades escolares, de *playground* e esportivas, contribuindo com a sua qualidade de vida. As descobertas sobre a dinâmica do

equilíbrio por meio dos descritores estruturais do CoP, *rambling* e *trembling*, também poderão contribuir para o entendimento do processamento sensorial e motor (respectivamente), e assim nortear os objetivos e condutas terapêuticas com recursos que permitam às crianças aprimorar os modelos internos.

1.6 Produção da doutoranda

1.6.1 Artigos Publicados

1. JELSMA, DOROTHEE; **TARGINO GOMES DRAGHI, TATIANE;** CAVALCANTE NETO, JORGE; SMITS-ENGELSMAN, BOUWIEN. Improved attentional abilities after playing five weeks of active video games in children with and without developmental coordination disorder. *Applied Neuropsychology Child*, v. 21, p. 1-9, 2023.
2. COUTINHO, MILENA OLIVEIRA; CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES; CAVALCANTE SOUZA, LUIZ HUMBERTO; RODRIGUES MERCÊS, MAGNO CONCEIÇÃO DAS; FERNANDES, DENISE VASCONCELOS; LEITE, CARLA CÉSAR FONTES; PORTELLA, DANIEL DEIVSON ALVES; **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES**, et al. Factors Associated with the Lifestyle of pediatric Healthcare Professionals during the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 20, p. 2055, 2023.
3. JELSMA, LEMKE DOROTHEE; CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES; SMITS-ENGELSMAN, BOUWIEN; **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES;** ARAÚJO ROHR, LIZ; TUDELLA, ELOISA. Type of active video-games training does not impact the effect on balance and agility in children with and without developmental coordination disorder: A randomized comparator-controlled trial. *Applied Neuropsychology Child*, v. 12, n.1, p. 64-73, 2023.
4. CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES; JELSMA, LEMKE DOROTHEE; **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES;** TUDELLA, ELOISA; SMITS-ENGELSMAN, BOUWIEN. Active video games performance and heart rate on the Wii or Kinect in children with and without Developmental Coordination Disorder. *Children*, v. 9, p. 1-13, 2022.
5. CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES; **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES.** Developmental coordination disorder and the COVID-19 pandemic: Some considerations. *Motriz*. v.27, p.e10200226, 2021.

6. **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES;** CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES; TUDELLA, ELOISA. Symptoms of anxiety and depression in schoolchildren with and without developmental coordination disorder. *Journal of Health Psychology*. v.26, p.1519 - 1527, 2021. (produzido no mestrado e publicado durante o doutorado)
7. **DRAGHI, T. T. G.;** CAVALCANTE NETO, J. L.; ROHR, L. A.; JELSMA, L. D.; TUDELLA, E. Symptoms of anxiety and depression in children with developmental coordination disorder: a systematic review. *Jornal de Pediatria*, v.96, p.8 - 19, 2020. (produzido no mestrado e publicado durante o doutorado)
8. **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES;** CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES; TUDELLA, ELOISA. Evaluation of motor performance of Brazilian children with Developmental Coordination Disorder through the Movement Assessment Battery for Children and the Körperkoordinationstest Für Kinder. *Physical Education and Sport Pedagogy*, v.26, p.155 - 166, 2020. (produzido no mestrado e publicado durante o doutorado)
9. SMITS-ENGELSMAN, BOUWIEN; CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES; **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES;** ROHR, LIZ ARAÚJO; JELSMA, DOROTHEE. Construct validity of the PERF-FIT, a test of motor skill-related fitness for children in low resource areas. *Research in Developmental Disabilities*. v.102, p.103663, 2020.

1.6.2 Artigos submetidos

Foram resultados desta tese dois principais artigos:

Estudo I: *Short- and long-term changes in balance after Active Video Game training in children with and without Developmental Coordination Disorder: a randomized controlled trial*, submetido no *Journal of child health care*.

Estudo II: *One-leg stance in children with and without Developmental Coordination Disorder: Convergent validity between CoP descriptors and clinical balance tasks*, submetido na *Gait & Posture*.

1.6.3 Capítulos de livro publicados

1. CAVALCANTE NETO, J. L.; **DRAGHI, T. T. G.** The Role of Physical Activity Community Interventions in the Quality of Life of Elderly People in Brazil In: *Aging*

Across Cultures. Science Across Cultures: The History of Non-Western Science.1 ed. Switzerland: Springer, 2022, v.10, p. 313-325.

2. WEBER, M. D.; **DRAGHI, T. T. G.**; CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES; TUDELLA, ELOISA. Participação de crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação, no contexto escolar: implicações e direcionamentos. In: Miriam Damazio e Wanessa Garcia Oliveira. (Org.). Meu aluno tem Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC): e agora? 1ed.Belo Horizonte: Artesã, 2022, v. 1, p. 99-110.

3. CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES; **DRAGHI, T. T. G.** O uso de vídeo games ativos para crianças com TDC na escola: uma ferramenta promissora. In: Miriam Damazio e Wanessa Garcia Oliveira. (Org.). Meu aluno tem Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC): e agora? 1ed.Belo Horizonte: Artesã, 2022, v. 1, p. 111-124.

4. VALENTINI, N. C.; **DRAGHI, T. T. G.**; CAVALCANTE NETO, J. L. Movement Assesment Battery for Children In: Fisioterapia neuropediátrica: abordagem biopsicossocial.1 ed. Santana de Parnaíba: Manole, 2021, v.1, p. 182-188.

5. **DRAGHI, T. T. G.** Saúde Mental e o Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação In: Saúde Mental e atividade física: alguns apontamentos.1 ed. São Paulo: FiloCzar, 2021, v.1, p. 1-168.

6. CAVALCANTE NETO, J. L.; **DRAGHI, T. T. G.**; JELSMA, L. D. Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação In: Fisioterapia neuropediátrica: abordagem biopsicossocial.1 ed.Santana de Parnaíba: Manole, 2021, v.1, p. 273-280.

1.6.4 Resumos publicados em anais de congressos

1. WEBER, M. D.; **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES**; ROHR, LIZ ARAÚJO; CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES; TUDELLA, ELOISA. Percepção da qualidade de vida de crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação: revisão sistemática In: VI Congresso Brasileiro de Fisioterapia Neurofuncional-COBRAFIN, 2021, Online. Revista Movimenta. 2021. v.14. p.443 -443.

2. WEBER, M. D.; **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES**; CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES; TUDELLA, ELOISA. A influência do ambiente escolar no Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação In: X Congresso Brasileiro de Comportamento Motor - CBCM, 2020, Vitória. Brazilian Journal of Motor Behavior, 2020. v.14. p.179 – 179.

3. LIMA, U. S.; BRITO, R. S.; SILVA, L. S. O.; **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES**; CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES. Potenciais fatores de risco ambientais para sinais indicativos de Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação em escolares In: XI Congresso Brasileiro de Atividade Motora Adaptada - CBAMA, 2019, Maceió. Anais do XI Congresso Brasileiro de Atividade Motora Adaptada - CBAMA. Maceió: Doity, 2019. v.1. p.1 - 6

1.6.5 Trabalhos apresentados em eventos

1. CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES; **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES**; TUDELLA, ELOISA. Assessment of levels of physical activity in children with Developmental Coordination Disorder, 2022. Evento: 34^o Annual Meeting European Academy of Childhood Disability.

2. JELSMA, LEMKE DOROTHEE; **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES**; **CAVALCANTE NETO**, JORGE LOPES; SMITS-ENGELSMAN, BOUWIEN

Can attention be trained? The relationship between motor performance and attentional abilities in children with and without Developmental Coordination Disorder, 2022. Evento: 34^o Annual Meeting European Academy of Childhood Disability.

3. ROHR, LIZ ARAÚJO; **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES**; CABRAL, T. I.; TUDELLA, E. Motor performance of infants at environmental risk compared with non-risk infants at six months: results of a preliminary study, 2020. Evento: 32nd Annual Meeting European Academy of Childhood Disability.

4. **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES**; CAVALCANTE NETO, JORGE LOPES; DIAS, J. S.; ROHR, LIZ ARAÚJO; TUDELLA, ELOISA

Signs of anxiety in children with and without Developmental Coordination Disorder: a preliminary study, 2019. Evento: 13th International Conference on Developmental Coordination Disorder.

1.6.6 Participação em bancas

1. **DRAGHI, T. T. G.**; Santos, K. A.; CAVALCANTE NETO, J. L. Participação em banca de graduação de IKLESSYS WILL PEREIRA DOS SANTOS. Problemas de saúde mental em crianças com e sem indicativos de Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação, 2020. (Educação Física) Universidade do Estado da Bahia

2. **DRAGHI, T. T. G.** Participação em banca de graduação de Bruna Carolina Mania Duarte. Uso de informações sensoriais e estabilidade postural em escolares com Síndrome de Down, 2019. (Educação Física) Universidade Federal de São Carlos
3. **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES.** Participação em banca de graduação de Bianca Carolina Pichirilli. Uso de informações sensoriais e estabilidade postural em crianças com e sem Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação, 2019. (Educação Física) Universidade Federal de São Carlos
4. **DRAGHI, TATIANE TARGINO GOMES.** Participação em banca de especialização de Murilo Mageste de Moraes. Ajustes proximais e distais do alcance manual de lactentes em risco ambiental e biológico aos 6 meses de idade, 2019. (Curso de Especialização em Intervenção em Neuropediatria) Universidade Federal de São Carlos

1.6.7 Participação em banca de comissões julgadoras

1. Especialização de Intervenção em Neuropediatria, 2020. Universidade Federal de São Carlos.
2. Especialização de Intervenção em Neuropediatria, 2018. Universidade Federal de São Carlos

1.6.8 Orientação concluída

1. Karina Raquel de Moraes, Ana Beatriz Aparecida do Amaral e Maria Laura de Camargo Merida. Desafios da inclusão escolar de indivíduos com deficiência: uma revisão sistemática. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) - Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio
2. Tainá Hoiça dos Santos, Thaís Ferreira Santiago e Grazielle Silva Ferraz. Efeitos da fisioterapia respiratória em crianças e adolescentes com fibrose cística: uma revisão integrativa. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) - Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio
3. Bianca Cristina Medeiros. Elaboração de uma cartilha didática sobre os mecanismos de absorção, transporte e distribuição dos lipídios plasmáticos. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) - Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio
4. Meyene Duque Weber. Fatores de risco para o Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação em crianças em idade escolar. 2019. Monografia

da especialização (Curso de Especialização em Intervenção em Neuropediatria) - Universidade Federal de São Carlos

5. Natália Schichi Valverde. Frequência cardíaca e aptidão física em crianças com transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. 2019. Iniciação científica (Graduação em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos

1.7 Link do currículo Lattes da aluna e seu ORCID

O currículo Lattes da doutoranda pode ser acessado pelo link: <http://lattes.cnpq.br/4518222922395138>. O link para acessar ao ORCID da doutoranda é: <https://orcid.org/0000-0002-2890-8884>

1.8 Descrição da dissertação ou tese para o público leigo

Analizamos o efeito do treino com dois videogames ativos nas crianças com e sem Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC), que resultou em melhora no equilíbrio e controle postural. Analizamos o controle postural na posição de apoio em um pé só e concluímos que crianças com TDC desequilibram mais do que as típicas porque possuem déficit entre planejar e realizar o movimento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Desenvolvimento Motor e Equilíbrio

A infância é considerada um período crucial para o desenvolvimento motor (MAGILL, 2011). A aquisição de habilidades motoras requer práticas e envolvimento da criança para realizar uma habilidade em um contexto e ambiente específico (CLARK, 1994; CLARK; METCALFE, 2002). O desenvolvimento de padrões motores fundamentais, ditos básicos, são condicionais para o aumento das habilidades motoras, evoluindo para os padrões mais complexos do movimento (CLARK, 2007). Dos seis aos sete anos ocorre a maturação da maioria das habilidades de movimento fundamental (correr, pular, arremessar), sendo essas refinadas e associadas entre si dos oito aos 12 anos de idade, compondo então as habilidades complexas (esportes, jogos e brincadeiras) (GALLAHUE; OZMUN, 2006). Para realizar tais habilidades e atingir um bom desempenho nas atividades de brincar e esportivas, é necessário que

a criança execute ajustes posturais para estabilizar o corpo e evitar colisões e quedas, sendo determinantes para isso o equilíbrio estático e dinâmico. Equilíbrio é a capacidade de manter o centro de massa do corpo dentro da base de apoio, incluindo o alinhamento do corpo e a orientação do corpo com relação ao ambiente (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2007). Entende-se por equilíbrio estático a capacidade de manter o corpo em uma posição estável em que a base de apoio é fixa, e o equilíbrio dinâmico representa a capacidade de manter a postura enquanto se movimenta e o ambiente está fixo (andando pela rua), quando você está parado em um ambiente em mudança (passeio de ônibus) ou ainda se movendo intencionalmente em um ambiente em mudança (jogando com outras pessoas) (SUGDEN; SUGDEN, 1991). Mesmo tentando manter o equilíbrio, forças contínuas atuam sobre o corpo causando oscilações, chamadas de oscilações corporais, que precisam ser ajustadas. Tais ajustes podem ser realizados sem dificuldade pelas crianças com desenvolvimento típico (DT), mas podem ser uma resposta muito desafiadora para crianças que possuem algum transtorno do neurodesenvolvimento, o que pode prejudicar sua funcionalidade (CAÇOLA; LAGE, 2019). É o caso, por exemplo, das crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC).

2.2 Equilíbrio de crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação

Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) é uma condição do neurodesenvolvimento caracterizada por baixo desempenho ao executar as atividades que requerem coordenação e equilíbrio e na caligrafia, interferindo significativamente na vida funcional de muitas crianças em idade escolar, e impactando ainda durante a adolescência e vida adulta (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2022).

A identificação do TDC é realizada por meio da análise dos quatro critérios do *Diagnostic and statistical manual of disorders - 5ª edição - Text Revision* (DSM-5 TR) (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2022). Critério A: a criança deve possuir déficit na aquisição e execução de habilidades motoras, que deve ser confirmado por testes padronizados que avaliam, por exemplo, destreza manual, equilíbrio e alvo e precisão (HENDERSON; SUGDEN; BARNETT, 2007). Critério B: este déficit motor deve interferir significativamente na vida escolar e/ou social do indivíduo; para esta análise podem ser aplicados questionários para os responsáveis e/ou professores que convivem com a criança, e que podem confirmar ou não a presença de tal condição.

Critério C: o déficit nas habilidades motoras deve estar presente desde a infância da criança, e não ser uma característica que se iniciou sem nenhum histórico prévio; este critério deve ser analisado com auxílio dos responsáveis pela criança, que devem ser capazes de entender seu desenvolvimento durante toda sua vida. Critério D: o déficit motor não deve ser explicado pela presença de qualquer deficiência intelectual, visual ou condição neurológica; para esta análise, investiga-se com os responsáveis se a criança possui alguma outra patologia, transtorno ou déficit.

Crianças com TDC possuem alterações cerebrais estruturais, como espessura cortical reduzida, e alterações de função cerebral, como hipoativação do sistema de neurônios-espelhos, que podem influenciar diretamente na aprendizagem observacional e imagem motora e na redução da conexão inter-hemisférica (WILSON et al., 2017). Tais alterações contribuem para uma variabilidade natural menos eficiente do Sistema Nervoso Central (SNC) (*rambling*), assim como um controle de feedback periférico (*trembling*) prejudicado, indicando que crianças com TDC apresentam maior discrepância entre planejamento motor e execução (SPEEDTSBERG et al., 2017). Estes fatores comprometem o controle motor e a execução de ajustes antecipatórios e reativos (GEUZE, 2003), com déficit na integração sensorial (FONG et al., 2016, 2018; FONG; LEE; PANG, 2011), o que acarreta na diminuição das respostas às perturbações mecânicas externas (PIEK; SKINNER, 1999), tornando-os menos capazes de controlar o equilíbrio estático (MITSIOU et al., 2016; TSAI; WU; HUANG, 2008) e dinâmico (JELSMA et al., 2015; JELSMA; GEUZE; SMITS-ENGELSMAN, 2019) em comparação com as crianças típicas.

Essa dificuldade em manter o equilíbrio faz com que as crianças com TDC apresentem menor tempo mantendo o equilíbrio e maior oscilação postural (CHERNG et al., 2007; GEUZE, 2003; SPEEDTSBERG et al., 2017; TSAI; WU; HUANG, 2008), acarretando necessidade de mais correções e ajustes motores, demandando maior gasto energético (MILLER et al., 2019) em comparação aos seus pares. O controle das propriedades mecânicas dos músculos e articulações para o controle do equilíbrio também demonstram atividade alterada, como o atraso na ativação da função antecipatória dos músculos anteriores do tronco (KANE; BARDEN, 2012), coativação ligeiramente maior dos músculos da parte inferior e superior da perna (GEUZE, 2003) e diminuição da precisão da posição articular do tornozelo (CHEN et al., 2020; FONG; TSANG; NG, 2012).

Como consequência de todas estas alterações e do déficit de equilíbrio, a capacidade de pegar, arremessar e chutar uma bola, correr, pular, realizar atividades esportivas e de lazer, e desviar de obstáculos podem ficar prejudicadas (MISSIUNA et al., 2007; POLATAJKO; CANTIN, 2006), o que pode proporcionar a estas crianças possibilidades maiores de sofrer quedas, escorregões e tropeços (CHENG et al., 2019; VERBECQUE et al., 2021). Por conseguinte, estas crianças podem se afastar de atividades tipicamente infantis, pois percebem que são menos competentes em suas habilidades motoras do que seus pares com desenvolvimento típico (ENGEL-YEGER; HANNA KASIS, 2010), gerando baixa autoestima, o que pode propiciar o aumento de sintomas depressivos e de ansiedade clinicamente importantes (DRAGHI et al., 2019; DRAGHI; CAVALCANTE NETO; TUDELLA, 2021; MISSIUNA et al., 2014).

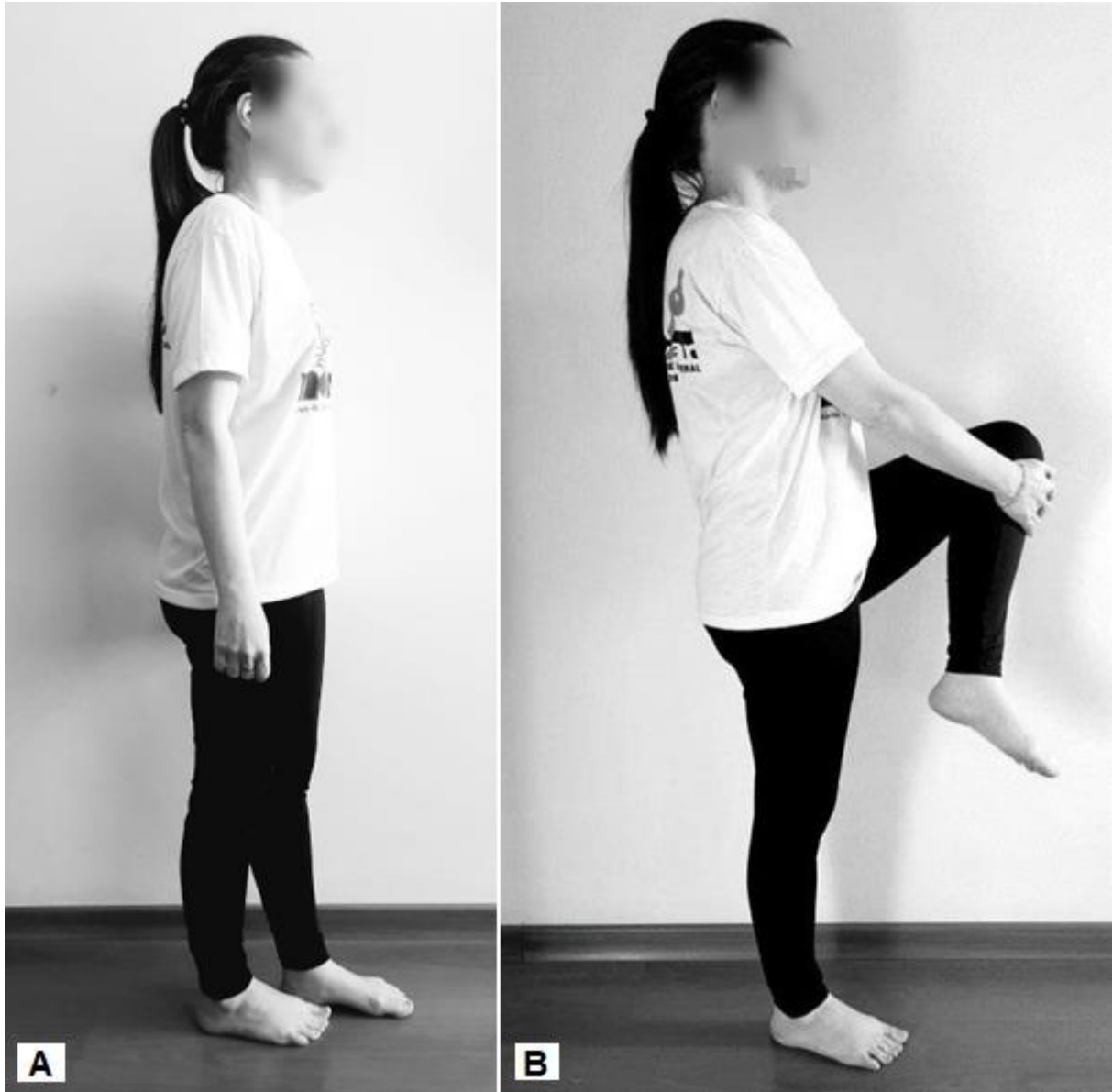
2.2.1 *Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação e Oscilação Postural*

Considerando que os déficits de equilíbrio estático estão diretamente ligados ao aumento da oscilação corporal, e isso impacta na funcionalidade das atividades recreacionais, na atividade de vida diária e acadêmica de crianças com TDC (CAÇOLA; LAGE, 2019), é importante investigar essa relação. Uma das formas de analisar a oscilação postural é por meio da Plataforma de força (PF), que registra os dados dos deslocamentos do Centro de Pressão (CoP). Há várias análises que podem ser feitas por meio destes dados, entre elas as análises globais. Nestas, a dispersão do movimento, tendo um ponto central como referência, é denominado *Root means square* (RMS) (DUARTE E FREITAS, 2010). A velocidade (VEL) do deslocamento também é analisada (DUARTE; FREITAS, 2010). E, por fim, analisamos o comprimento do deslocamento, que é a distância entre o deslocamento máximo e mínimo do CoP. Todas estas análises são realizadas nas direções anteroposterior (AP) e médio lateral (ML) (DUARTE; FREITAS, 2010).

Os descritores globais, como o RMS, vêm sendo utilizados para descrever a oscilação das crianças com TDC em apoio bilateral, demonstrando que as crianças com TDC possuem maiores valores de excursão do CoP do que crianças típicas, e que aumentam ainda mais quando a entrada sensorial é alterada (FORSETH; SIGMUNDSSON, 2003; GEUZE, 2003; PRZYSUCHA; TAYLOR, 2004; TSAI; WU, 2008; TSAI; WU; HUANG, 2008; WANN; MON-WILLIAMS; RUSHTON, 1998). A entrada sensorial pode ser alterada, por exemplo, manipulando-se a entrada visual,

removendo-a por meio do fechamento dos olhos. Podemos alterar a entrada sensorial da superfície, colocando a criança em uma superfície instável, como a espuma, por exemplo, o que torna a entrada sensorial aumentada e mais complexa, pois ocorrerá mais instabilidade e maior contato da superfície com o pé. Podemos ainda manipular a entrada sensorial do apoio, diminuindo a base de apoio, como por exemplo na posição semi-tandem, com hálux de um pé encostados na metade posterior do outro pé, próximo ao calcâneo (Figura 1A), ou ainda na posição de apoio unipodal, segurando com as duas mãos o joelho da perna livre à frente do corpo (Figura 1B). Os estudos (FORSETH; SIGMUNDSSON, 2003; GEUZE, 2003; PRZYSUCHA; TAYLOR, 2004; WANN; MON-WILLIAMS; RUSHTON, 1998) descreveram que o déficit de equilíbrio é ainda maior quando há alteração das entradas sensoriais. De fato, estudos (PRZYSUCHA; TAYLOR, 2004; WANN; MON-WILLIAMS; RUSHTON, 1998) que compararam a postura em pé com os olhos abertos e os olhos fechados indicam maior excursão do CoP quando este *feedback* visual é removido.

Figura 1. Demonstração do apoio semi-tandem (1A) e apoio unipodal (1B).



Fonte: Imagem realizada pelos autores.

A posição unipedal, no entanto, vêm sendo estudada com menos recorrência, embora possa ser a mais desafiadora para crianças com TDC. Em uma revisão sistemática e metanálise, Verbecque et al. (2021) examinou estudos que abordaram o controle do equilíbrio em crianças com TDC. Nesta revisão, apenas dois estudos (TSAI; WU, 2008; TSAI; WU; HUANG, 2008) analisaram o comportamento com foco na relação entre a posição unipedal e o *feedback* visual. Esses dois estudos demonstraram que crianças com TDC tiveram um desempenho relativamente melhor na posição unipedal com *feedback* visual, olhando para um ponto de foco, do que com os olhos fechados. Corroborando com esse achado, Geuze (2003) identificou que crianças com TDC, quando em pé sobre uma perna, têm mais oscilação lateral e maior

dependência da visão. Não obstante, aparentemente, para algumas crianças com TDC o desempenho é pior com a perna não dominante, em comparação com a perna dominante (FORSETH; SIGMUNDSSON, 2003). Desta forma, podemos inferir que a entrada sensorial preservada, como manter os olhos abertos, pode ser uma referência de verticalidade em termos de posição e movimento do corpo que a criança com TDC pode usar para minimizar a deficiência de equilíbrio e postura. Da mesma forma, elas podem se sentir mais seguras e confiáveis com o apoio bipodal e uma superfície fixa e estável.

Sabemos que em tarefas difíceis de equilíbrio, a manipulação da base de apoio, visão ou superfície, induz um aumento na demanda postural para se manter em equilíbrio, e para isso é necessário maior recrutamento de atividade muscular e mecanismos compensatórios (GEBEL; LÜDER; GRANACHER, 2019). Isoladamente, quando aumentamos a base de apoio com utilização de uma superfície macia, a criança precisa reajustar o ponto de equilíbrio. Esse processo parece aumentar a informação somatossensorial (GROVE; LAZARUS, 2007) devido ao aumento de pequenos movimentos ao redor dos tornozelos. No entanto, parece que essa informação sensorial não é preservada em crianças com TDC e, conseqüentemente, não é processada corretamente, gerando maior dispersão.

Como descrito anteriormente, a posturografia, por meio da PF, é um recurso instrumental que descreve a estabilidade postural e a oscilação postural, sendo os descritores globais na postura bipodal os mais analisados, o que permite descrever a quantidade de oscilação, mas não a dinâmica que regula o controle do equilíbrio (SPEEDTSBERG et al., 2017), que é fundamental para a melhor compreensão da oscilação postural. Para isto, outras análises da PF são sugeridas, como por exemplo as análises estruturais, como a decomposição *rambling-trembling* (ZATSIORSKY; DUARTE, 1999). Até onde sabemos, Speedtsberg et al. (2017) é um dos únicos estudos que analisou a decomposição *rambling-trembling* em uma pequena amostra de crianças com TDC. Neste estudo, os autores identificaram que ambas as decomposições foram maiores para as crianças com TDC na direção AP e ML, e que isto reafirmaria a hipótese de que o prejuízo do controle postural das crianças com TDC está associado a um controle supraespinal menos eficiente (representado por um aumento do *rambling*), mas também por um controle de feedback espinal reduzido, indicando discrepância entre o planejamento motor e a produção do controle postural, bem como as propriedades mecânicas dos músculos e articulações

(manifestado como aumento do *trembling*). Ressaltamos que no estudo de Speedtsberg et al. (2017) foi analisada a postura bipodal, e que, até onde sabemos, não há estudos que analisaram os descritores estruturais na posição unipodal das crianças com TDC.

Por outro lado, quase todos os testes clínicos de desempenho motor disponíveis contêm um item de teste na posição unipodal (por exemplo: *Movement Assessment Battery for Children segunda edição – MABC-2*, *Bruininks-Oseretsky Test segunda edição – BOT-2*, *Performance and Fitness battery – PERF-FIT*). Esses instrumentos são considerados testes clínicos de referência para análise do desempenho motor. MABC-2 e BOT-2 foram recomendados para analisar o desempenho motor de crianças com TDC (BLANK et al., 2019), e ainda o PER-FIT foi validado para este público (SMITS-ENGELSMAN et al., 2020). Considerando que a posição unipodal é uma tarefa importante para o comportamento motor e para o domínio de habilidades mais complexas, como as esportivas, um dos objetivos deste trabalho é obter um entendimento melhor da dinâmica da oscilação postural para essa postura, e correlacioná-la com testes clínicos.

No entanto, ao estudar o controle postural e a oscilação postural para entender os mecanismos subjacentes do equilíbrio, também avaliamos se as crianças com TDC podem melhorar seu equilíbrio. Neste doutorado, analisamos a posturografia nos momentos pré, pós-treino e quatro meses depois, a fim de entender se nosso treinamento foi capaz de modificar e melhorar o comportamento de equilíbrio. Outros estudos já analisaram a oscilação corporal de crianças com TDC através da PF após alguns tipos de intervenções. A oscilação corporal foi usada como critério para determinar mudanças após intervenções como treinamento neuromuscular (CHENG et al., 2019), treinamento funcional com tarefa específica (FONG et al., 2016), treinamento orientado a tarefa (AU et al., 2014), treino de Taekwondo (FONG et al., 2013) e treino de trampolim (GIAGAZOGLU et al., 2015). Até onde sabemos, utilizando o treinamento por meio de *active video games* (AVG) apenas Jelsma et al. (2016) analisou as mudanças na oscilação corporal no equilíbrio dinâmico, não tendo sido encontrado estudo que analisou o equilíbrio estático.

2.3 Active vídeo games e o equilíbrio

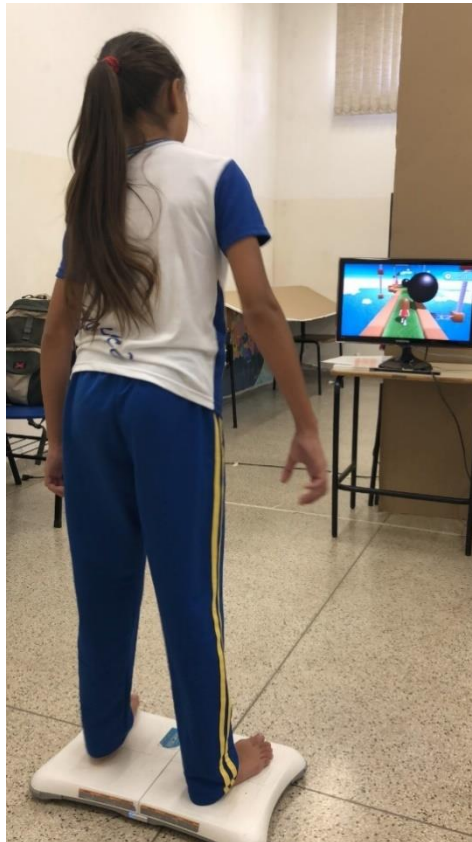
Os AVGs são ferramentas que utilizam a realidade virtual não imersiva, por meio de softwares e sensores. A realidade virtual é uma ferramenta interativa que, por

meio dos jogos apresentados em uma tela (*feedback* visual), exige, para o controle do jogo, movimentos do corpo inteiro, transferência de peso e habilidades adequadas de equilíbrio dinâmico. Isto pode promover o controle antecipatório e respostas reativas, permitindo, por exemplo, controlar o centro de gravidade dentro da base de apoio enquanto se desloca (JELSMA et al., 2014). Como ferramentas da realidade virtual não imersiva, o *Wii Fit* e o *Xbox Kinect* são videogames ativos que vêm sendo estudados como recurso terapêutico para melhorias no desempenho motor (CAVALCANTE NETO et al., 2019; JELSMA et al., 2013; MISSIUNA; RIVARD; BARTLETT, 2003; MOMBARG; JELSMA; HARTMAN, 2013). Ao fornecer *feedback* visual, promovido por meio da tela do jogo, pode-se gerar uma facilidade de controlar o movimento corporal e isso pode gerar aprendizagem motora, como demonstrado no estudo de Jelsma, et al. (2016). Neste estudo, foi possível verificar que esse tipo de *feedback* visual pode ser usado para conscientizar a criança sobre os movimentos de seu CoP, facilitando assim as adaptações antecipatórias (JELSMA et al., 2016), o que pode ter proporcionado melhora do equilíbrio no grupo TDC. Foi encontrado um aumento do comprimento do deslocamento do CoP, que pareceu ser um resultado do treino, no qual as crianças puderam explorar soluções alternativas para dominar a tarefa e alcançar os melhores escores do jogo com um aumento nos graus de liberdade (JELSMA; GEUZE; SMITS-ENGELSMAN, 2019) e diminuição do número de portões perdidos (o jogo tem como objetivo passar no meio de duas bandeiras, ou seja num portão, para isso o jogador deve realizar deslocamentos corporais em cima de uma prancha (*Wii balance board*) que detecta tais reações e transmite à tela/jogo). No entanto, não há estudos comparando as mudanças na oscilação postural em uma tarefa de equilíbrio estático envolvendo treino com dois tipos de AVG. Por isso, um dos objetivos deste estudo foi trazer informações a respeito desta lacuna científica, e poder contribuir com resultados que respondem se estes efeitos são específicos para o treinamento com o *Wii Fit* ou se aplicam de forma mais geral aos AVGs.

2.3.1 Nintendo® *Wii Fit*, equilíbrio e o TDC

O *Wii Fit* fornece visualização em tempo real na tela das mudanças de peso detectadas por uma prancha de equilíbrio denominada *Wii balance board* (WBB). Para realizar o treino com o *Wii Fit*, as crianças permaneceram em cima desta prancha de equilíbrio (Figura 2) e, por meio dos jogos selecionados, treinaram o deslocamento por meio de movimentos sutis e controlados nas direções AP e ML.

Figura 2. Participante do projeto realizando o treino com o *Wii Fit* sobre o WBB.



Fonte: Imagem realizada pelos autores e autorizada pelos responsáveis e pela criança.

WBB é um recurso muito sensível que, com calibração específica para cada criança, permite que pequenos movimentos de sustentação de peso sejam interpretados por sensores e realizem o movimento do avatar (NINTENDO Inc., 2018). Os movimentos são mostrados na tela (televisão) em tempo real. Assim, ao realizar os deslocamentos a criança visualiza seu avatar se movendo no exato momento. Isso faz com que a criança tenha um *feedback* visual em tempo real do seu deslocamento. Logo, para que a criança atinja o objetivo de movimento do avatar, ela realiza pequenos movimentos controlados, executados em baixa velocidade, uma vez que a criança perde o controle do avatar se realizar movimentos rápidos e deslocamentos bruscos. O *feedback* visual parece fornecer informações adicionais, facilitando assim os ajustes necessários e mais precisos do movimento (JELSMA et al., 2014). Desta forma, pode ser que o fornecimento do *feedback* visual possa ser uma maneira de contornar os déficits de equilíbrio, levando a um melhor controle postural, principalmente nas crianças com TDC, pois sabemos que os ajustes delas são menos

controlados e mais lentos, e que o *feedback* interno é insuficiente (WILSON et al., 2013).

Exemplos dos benefícios deste AVG foram verificados nos estudos de Jelsma et al. (2014) e Mombarg; Jelsma e Hartman (2013), que evidenciaram melhora em diferentes tarefas de equilíbrio. Também foram evidenciadas melhoras na aptidão aeróbica e anaeróbica (BONNEY et al., 2018), proficiência motora e bem-estar emocional (HAMMOND et al., 2014). Outrossim, Bonney et al. (2017) observaram que tarefas de equilíbrio (salto), corrida e agilidade, e atividades funcionais como salto em distância, sentar e levantar, e subir escadas foram habilidades que melhoraram após esse tipo de treinamento com o *Wii Fit*. Para crianças com TDC com déficits no equilíbrio, o *Wii Fit* vem apresentando resultados positivos a curto prazo (no máximo seis semanas pós-intervenção) (JELSMA et al., 2015; MENTIPLAY et al., 2019).

2.3.2 Xbox Kinect, o equilíbrio e o TDC

No *Xbox Kinect*, o jogador consegue comandar o avatar por meio de movimentos amplos e livres de todo o corpo. Esses movimentos são capturados por um sensor acoplado a uma câmera com sensor infravermelho, que capta diversos movimentos em três dimensões (ALVES et al., 2018; CHANG; CHEN; HUANG, 2011) (Figura 3).

Figura 3. Participantes do projeto realizando o treino com o *Xbox Kinect*.



Fonte: Imagem realizada pelos autores e autorizada pelos responsáveis e pelas crianças.

O *Xbox Kinect* parece ter efeitos benéficos na imagem motora e no planejamento motor, podendo promover os modelos internos de movimentos que predizem estados futuros dos membros em movimento de crianças com TDC (EBRAHIMISANI et al., 2020). O estudo de Gonsalves, et al. (2015) mostrou que, após avaliação individual das necessidades de cada criança com TDC e julgamento clínico, uma seleção adequada dos jogos de *Xbox Kinect* relacionados ao objetivo terapêutico pode resultar em maior participação em atividades físicas. De fato, os jogos eletrônicos ativos *Xbox Kinect* podem proporcionar ganhos positivos na habilidade motora, confiança motora e níveis gerais de atividade física (STRAKER et al., 2011) e melhorar as habilidades motoras de acordo com a autopercepção dos indivíduos que jogam (STRAKER et al., 2015). Para as crianças com TDC que possuem déficits no equilíbrio, o *Xbox Kinect* demonstrou efeito positivo após duas semanas de intervenção (WERDEN; PRZYSUCHA; ZERPA, 2017).

Em face do exposto, embora seja sabido que crianças com TDC apresentam problemas de equilíbrio, não há estudos comparando e acompanhando as mudanças a longo prazo em tarefas de equilíbrio estático ou resultados de oscilação corporal em diferentes condições de apoio após o treinamento em dois tipos de AVG. Portanto,

estudos que tragam novos *insights* sobre o efeito (acompanhamento de longo prazo) do treinamento com AVG no equilíbrio e na oscilação postural são relevantes. Para suprir esta demanda, desenvolvemos nosso Estudo I, intitulado “Alterações de curto e longo prazo no equilíbrio após o treinamento de *active video games* em crianças com e sem Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação: um estudo controlado randomizado”.

Outrossim, sabemos que avaliação do déficit de equilíbrio nas crianças com TDC geralmente é realizada com base nos descritores globais da PF, e sabemos que ainda existia uma lacuna para entender melhor sobre a dinâmica do equilíbrio na posição unipodal. Por isso, e para entendermos se existia uma associação entre a avaliação da PF e os testes clínicos, realizamos o Estudo II, intitulado “Apoio unipodal em crianças com e sem Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação: Validade convergente entre descritores CoP e tarefas clínicas de equilíbrio”.

3 OBJETIVOS GERAIS DA PESQUISA

Analisar o equilíbrio estático das crianças com e sem TDC nas posições bipodal e unipodal e acompanhar os efeitos do treinamento por meio dos AVGs *Wii Fit* e *Xbox Kinect* no equilíbrio e oscilação postural destas crianças.

4 MANUSCRITO

4.1 Estudo I

Alterações de curto e longo prazo no equilíbrio após o treinamento de *active vídeo game* em crianças com e sem Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação: um estudo controlado randomizado

Tatiane Targino Gomes Draghi, Bouwien Smits-Engelsman, Daniela Godoi-Jacomassi, Jorge Lopes Cavalcante Neto, Dorothee Jelsma and Eloisa Tudella.

Resumo

Os *active vídeo games* (AVGs) têm sido usados como ferramentas de treinamento e são conhecidos por melhorar o desempenho do equilíbrio em crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC). Nosso objetivo foi avaliar o equilíbrio por meio de testes clínicos e a oscilação corporal usando a plataforma de força com *design* misto de visão (olhos abertos/olhos fechados), superfície (rígida/macia) e apoio (bipodal/semi-tandem) antes e após o treinamento e quatro meses depois (*follow up*). Trinta e seis crianças com TDC e 40 crianças com desenvolvimento típico (DT) participaram do estudo, das quais 50 crianças (26 TDC; 24 DT) foram reavaliadas após quatro meses. As crianças foram divididas em quatro grupos (1) crianças com DT que treinaram no *Wii Fit* (2) crianças com DT que treinaram no *Xbox* (3) crianças com TDC que treinaram no *Wii Fit* (4) crianças com TDC que treinaram no *Xbox*. O treino ocorreu duas vezes na semana por cinco semanas com duração de 20 minutos cada. O equilíbrio melhorou nas medidas clínicas após o treinamento, independente do AVG utilizado, e esse efeito ainda estava presente após quatro meses. O treinamento com AVG não influenciou o comportamento geral da oscilação, apenas a oscilação na condição de olhos abertos, correspondendo às demandas da tarefa do treinamento. No geral, as crianças com TDC e crianças com DT responderam de forma comparável ao treinamento com AVG, mantendo assim a diferença de desempenho entre os dois grupos. O fato de um aumento na oscilação ter sido encontrado apenas na condição de olhos abertos indica um efeito específico do treinamento nas crianças com TDC. As mudanças na oscilação postural são interpretadas como um sinal de mais confiança e menos congelamento das

articulações, permitindo maior flexibilidade de movimentos e mais estratégias de equilíbrio, corroboradas pelo melhor desempenho em testes de equilíbrio nas crianças com TDC.

Palavras-chave: Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação; Equilíbrio; Plataforma de força; *Active vídeo games*; *Feedback* visual; Desenvolvimento motor.

Introdução

Equilíbrio estático é a capacidade de manter o corpo em uma posição estável quando a base de sustentação está fixa, mantendo alinhamento e orientação adequados do corpo em relação ao ambiente (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2007). Para a maioria das crianças, o equilíbrio parece desenvolver-se facilmente, embora o controle postural exija muitas interações dos sistemas musculoesquelético e neural (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2007). Múltiplos sistemas de resposta neural são necessários para manter o equilíbrio quando em pé, como o sistema vestibular para responder à gravidade, o sistema somatossensorial para responder a mudanças na superfície de apoio e o sistema visual para escanear o ambiente (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2007). Com a integração dos sistemas musculoesquelético e neural, as experiências e a exploração de tarefas e habilidades, uma criança pode desenvolver flexibilidade de movimentos, e pode usar múltiplas soluções de movimento para alcançar o resultado desejado nas tarefas (RANGANATHAN; LEE; NEWELL, 2020). No entanto, a alteração da informação sensorial (quando a base de apoio, a visão ou a superfície são alteradas, por exemplo) induz a um aumento das exigências posturais, e, para isso, é necessário um maior recrutamento da atividade muscular e mecanismos compensatórios (GEBEL; LÜDER; GRANACHER, 2019). O sistema reage a essas demandas por um aumento da tensão nos músculos, como forma de resistência contra a perturbação, para se manter em equilíbrio (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2007).

Crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) apresentam problemas na aquisição e execução de habilidades motoras e, conseqüentemente, no equilíbrio quando comparadas aos seus pares (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013). Atrasos nas adaptações posturais antecipatórias e ajustes posturais reativos lentos, que diminuem as respostas oportunas aos distúrbios do equilíbrio, parecem ser comuns nessas crianças (GEUZE, 2003). O

aumento da oscilação postural pode ser devido a mecanismos de controle perceptual supraespinhal menos eficientes e organização sensorial central prejudicada (*rambling*), o que contribui para uma recalibração menos eficiente dos modelos internos e controle de *feedback* periférico (*trembling*) (SPEEDTSBERG et al., 2017). Essas dificuldades parecem ser responsáveis por ajustes imprecisos em crianças com TDC. Isso se reflete na falta de fluidez dos movimentos, que demandam maior gasto energético e necessitam de mais correções motoras (MILLER et al., 2019). Sabe-se que as crianças com TDC processam as entradas sensoriais de maneira diferente, e que na ausência ou alteração das entradas sensoriais as crianças tendem a adotar diferentes estratégias motoras, como congelar as articulações para se manterem equilibradas (CHERNG et al., 2007; FONG; TSANG; NG, 2012; GEUZE, 2003; SPEEDTSBERG et al., 2017; TSAI; WU; HUANG, 2008). Uma questão importante, no entanto, é se e como os déficits de equilíbrio podem ser diminuídos pelo treinamento.

De acordo com a *European Academy of Childhood Disability* (BLANK et al., 2019) e revisões sistemáticas (CAVALCANTE NETO et al., 2019; LINO; ARCANGELI; CHIEFFO, 2021; MENTIPLAY et al., 2019; PAGE et al., 2017; SMITS-ENGELSMAN et al., 2018), o AVG pode ser uma modalidade de treinamento adequada para melhorar o equilíbrio de crianças com TDC. Dentre as ferramentas comerciais de AVG, o *Nintendo Wii Fit* e o *Xbox Kinect* têm sido estudados como recursos terapêuticos para melhora do desempenho motor. O treinamento do *Xbox Kinect* demonstrou efeitos benéficos na imagem motora, planejamento motor (EBRAHIMISANI et al., 2020), habilidade motora e níveis gerais de atividade física em crianças com TDC (STRAKER et al., 2011). Da mesma forma, treinar com o *Nintendo Wii Fit* aumentou as habilidades de equilíbrio (JELSMA et al., 2014; MOMBARG; JELSMA; HARTMAN, 2013), proficiência motora e bem-estar emocional em crianças com TDC (HAMMOND et al., 2014). Nenhum estudo até agora analisou os efeitos de longo prazo do treinamento com AVG no desempenho do equilíbrio estático. Até onde sabemos, apenas um estudo (JELSMA et al., 2016) incluindo crianças com e sem TDC analisou as mudanças na oscilação corporal em uma tarefa de equilíbrio dinâmico após um treinamento com *Wii Fit*, que revelou que as crianças com TDC melhoraram o desempenho do equilíbrio, aumentando o comprimento do deslocamento, cujo efeito permaneceu após o treinamento. No entanto, não há estudos comparando as mudanças na oscilação em uma tarefa de equilíbrio estático entre dois tipos de AVGs.

Não obstante, é importante avaliar se esses resultados são específicos para o treinamento do *Wii Fit* ou se aplicam de forma mais geral aos AVGs.

O objetivo deste estudo foi comparar as mudanças de curto e longo prazo no desempenho do equilíbrio após dois tipos de treinamento com AVGs, *Wii Fit* e *Xbox Kinect*, em crianças com e sem TDC. Avaliamos as mudanças no equilíbrio usando testes clínicos e também resultados da plataforma de força. Os padrões de mudança de oscilação corporal foram avaliados nas direções anteroposterior (AP) e médio lateral (ML), com um design misto de visão (olhos abertos/olhos fechados), superfície (rígida/macia) e apoio (bipodal/semi-tandem), antes e depois do treinamento com AVG (*Wii Fit* e *Xbox Kinect*).

Primeiro, testamos se o equilíbrio melhorou nas medidas clínicas após o treinamento, e se a mudança foi mantida após o término da intervenção (no follow up de quatro meses). Posteriormente, testamos se as alterações na oscilação postural seguiram um padrão comparável em crianças com TDC e DT, ou se as alterações no desempenho de crianças com TDC diferiam daquelas com crianças com DT. Em seguida, examinamos se as condições de superfície macia, olhos fechados e postura semi-tandem eram mais desafiadoras, e se as mudanças após o treinamento eram dependentes da condição ou do grupo. Além disso, foi explorado se as mudanças no padrão de oscilação diferiam entre o *Wii Fit* e o *Xbox Kinect*.

Métodos

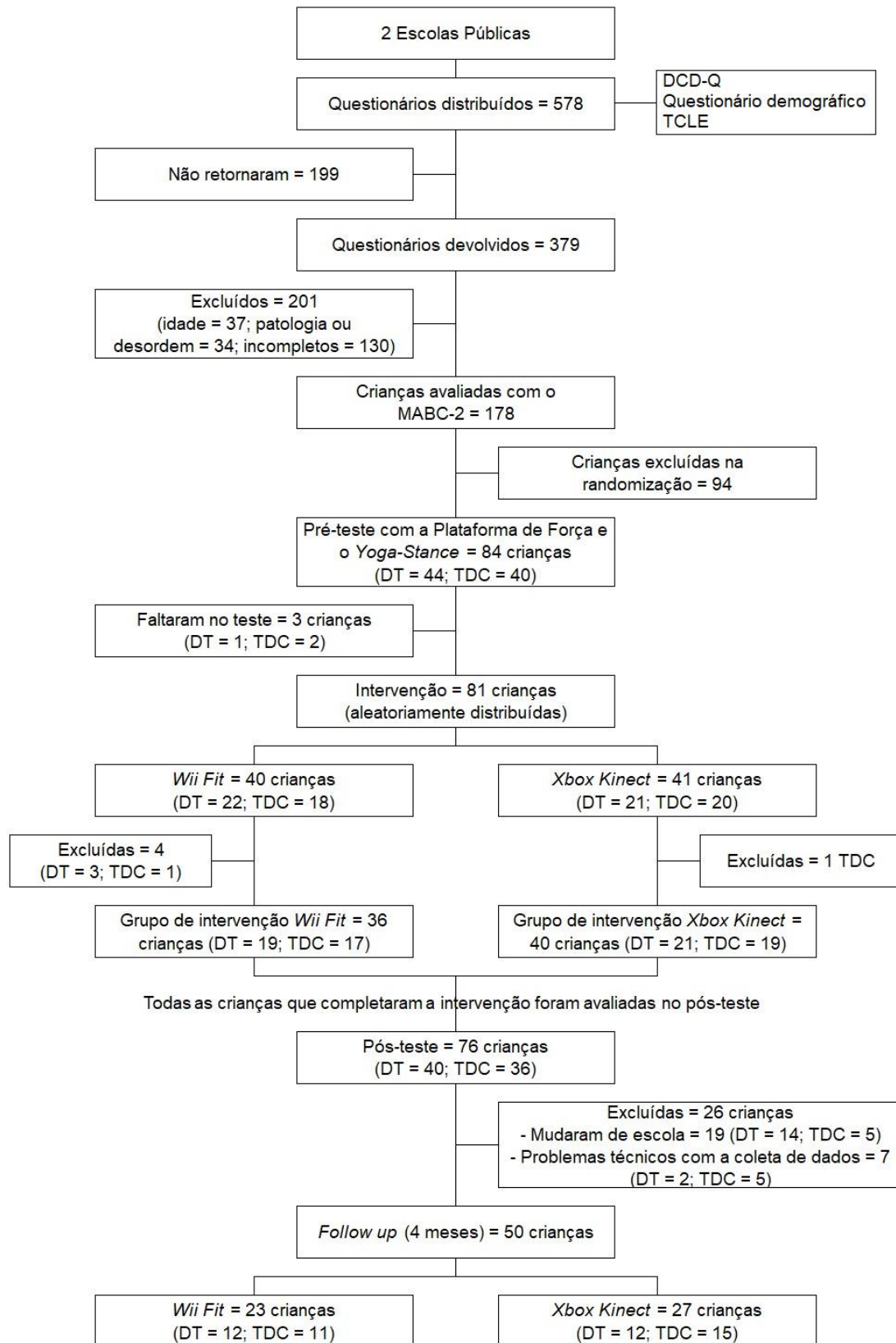
Participantes

As crianças foram recrutadas em duas escolas públicas, com origens socioeconômicas semelhantes (ver procedimento na página 48 desta tese). As crianças foram consideradas com TDC se preenchessem todos os quatro critérios do *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders-Fifth edition* (DSM-5) (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013), com uma pontuação percentil ≤ 16 na *Movement Assessment Battery for Children- 2nd edition* (MABC-2); pontuação ≤ 5 percentil no item de equilíbrio do MABC-2; uma pontuação abaixo do ponto de corte no *Developmental Coordination Disorder Questionnaire* (DCD-Q) nenhuma outra patologia ou distúrbio associado. As crianças das mesmas classes que pontuaram acima do percentil 16 no MABC-2, não apresentavam dificuldades nas atividades da vida diária, não apresentavam atraso no desenvolvimento e não apresentavam patologias mentais, neurológicas e/ou ortopédicas indicadas por seus pais, foram

classificadas como crianças com desenvolvimento típico (DT). Após essa seleção, oitenta e uma crianças entre 7-12 anos foram incluídas no estudo, e foram distribuídas em quatro grupos (TDC-Wii; TDC-Kinect; TD-Wii; TD-Kinect). Deste grupo inicial, cinco crianças foram excluídas porque faltaram a mais de três sessões de treino e não recuperaram o atraso na mesma semana ou na seguinte, resultando num total de setenta e seis crianças (40 crianças DT e 36 crianças TDC). Cinquenta crianças (24 DT e 26 TDC) foram reavaliadas após quatro meses (*follow up*) (ver fluxograma - Figura 1).

O tamanho da amostra foi definido pelo G-Power 3.1.9.2. com base no estudo anterior de Jelsma et al. (2014), considerando o equilíbrio como desfecho principal com tamanho de efeito de 0,68, poder de 0,95 e alfa de 0,05, resultando em um tamanho amostral de 16 crianças por grupo, com tamanho amostral total de 64 crianças, divididas em quatro grupos.

Figura 1. Fluxograma dos participantes ao longo do estudo.



MABC-2: *Movement Assessment Battery for Children - Second Edition*. DT: desenvolvimento típico. TDC: Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. DCD-Q: *Developmental Coordination Disorder Questionnaire*. TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Instrumentos

Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCD-Q)

O DCD-Q foi utilizado para avaliar se o déficit na coordenação interferia nas atividades diárias (critério B do DSM-5). Este instrumento de 15 itens é validado no Brasil com alta consistência interna (alfa = 0,92) (PRADO; MAGALHÃES; WILSON, 2009). Os pontos de corte para indicar sinais de TDC foram estabelecidos de acordo com a idade e pontuação: ≤46 pontos (5-7 anos); ≤ 55 pontos (8-9 anos) e ≤ 57 (10-15 anos) (PRADO; MAGALHÃES; WILSON, 2009).

Questionário Demográfico

Um questionário elaborado por este grupo de estudo (DRAGHI; CAVALCANTE NETO; TUDELLA, 2021) foi utilizado para identificar se o déficit motor estava presente desde a infância (critério C) e se esse déficit não era atribuído a condições neurológicas, intelectuais e visuais (critério D).

Movement Assessment Battery for Children-2nd edition (MABC-2)

O MABC-2 foi aplicado para avaliar o desempenho motor e atender ao critério de déficit na coordenação motora (critério A do DSM-5). O MABC-2 é composto por três componentes que avaliam habilidades motoras divididas em destreza manual (três itens), alvo e precisão (dois itens) e equilíbrio (três itens). O *Balance Standard Score* (BSS) é baseado em uma tarefa de equilíbrio estático e duas tarefas de equilíbrio dinâmico. As pontuações do MABC-2 são convertidas em Total Standard Score (TSS) que indicam 'faixa normal' com valores acima do 7º SS, 'em risco de problemas motores' com valores do 6º ao 7º SS e 'um problema motor significativo' igual ou abaixo do 5º SS (HENDERSON; SUGDEN; BARNETT, 2007).

Índice de Massa Corporal (IMC)

Para caracterizar o perfil antropométrico, a estatura de cada criança foi verificada por meio de um estadiômetro, e seu peso foi mensurado por meio de uma balança portátil. Após essa medida, o IMC foi calculado por meio do peso corporal dividido pela altura² (kg/m²).

Yoga-stance

O *yoga-stance*, jogo *Wii-Fit* foi utilizado para analisar o equilíbrio das crianças em uma perna. A criança era solicitada a manter o equilíbrio em uma perna com as mãos unidas com os cotovelos esticados para segurar o joelho flexionado da perna levantada, sem qualquer contato com a perna de apoio. O instrutor na tela orientava a criança a ficar o mais imóvel possível, e a representação do CoP era mostrada na tela como um ponto vermelho dentro da base de apoio pré-determinada (área amarela mostrada na tela) (Figura 2). O número de segundos (máximo de 30 segundos) e a estabilidade da postura detectada pelo software eram convertidos em uma pontuação de no máximo 50 pontos por perna. Ambas as pernas foram testadas e duas tentativas por perna foram registradas, e a média foi usada para análise. O jogo sempre começava com a criança equilibrando na perna direita.

Figura 2. Criança sobre o *Wii-Fit Balance Board*, em apoio unipodal visualizando o instrutor demonstrar a posição e seu ponto de apoio vermelho dentro da área de deslocamento amarela.

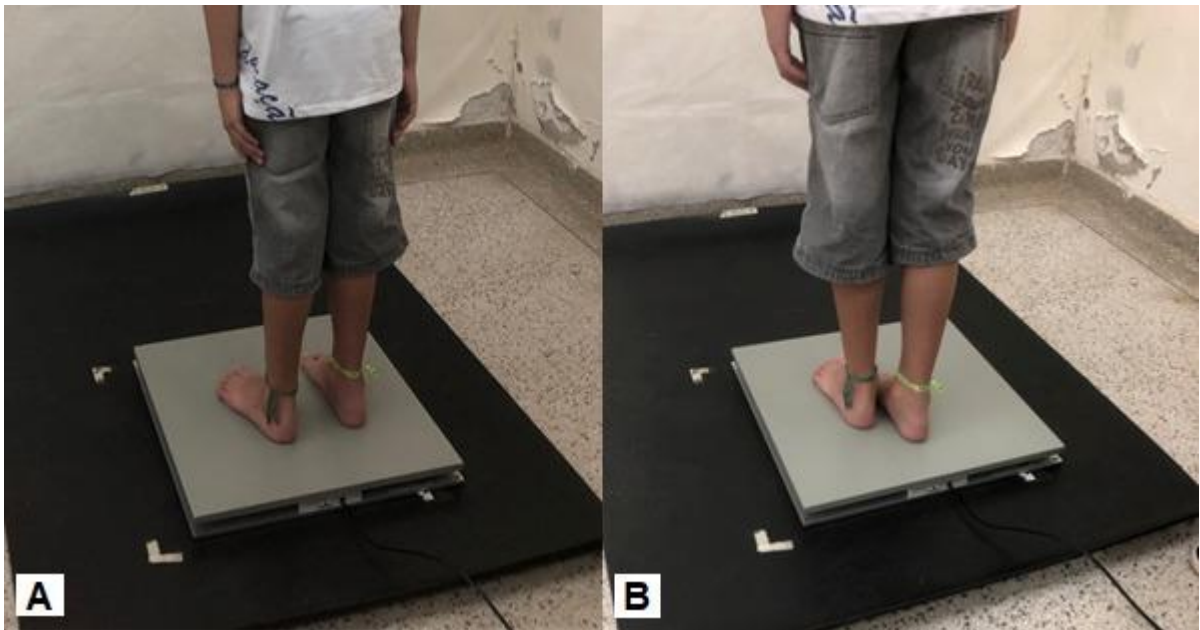


Fonte: Imagem realizada pelos autores e autorizada pelos responsáveis e pela criança.

Protocolo de plataforma de força

O controle postural foi avaliado durante a tarefa de manutenção das posturas bipodal e semi-tandem (condições de apoio). Para o apoio bipodal (Figura 3A), os participantes foram solicitados a manter a posição ereta com os pés descalços na plataforma de força afastados na largura dos ombros, e para o semi-tandem (Figura 3B) foram solicitados a ficar em pé com hálux de um pé encostados na metade posterior do outro pé, próximo ao calcâneo. Nessas posições, os participantes foram instruídos a permanecer o mais imóvel possível na plataforma de força (Advance Mechanical Technology Inc.– AMTI – AccuGait) de 50 x 50 cm por 30 segundos.

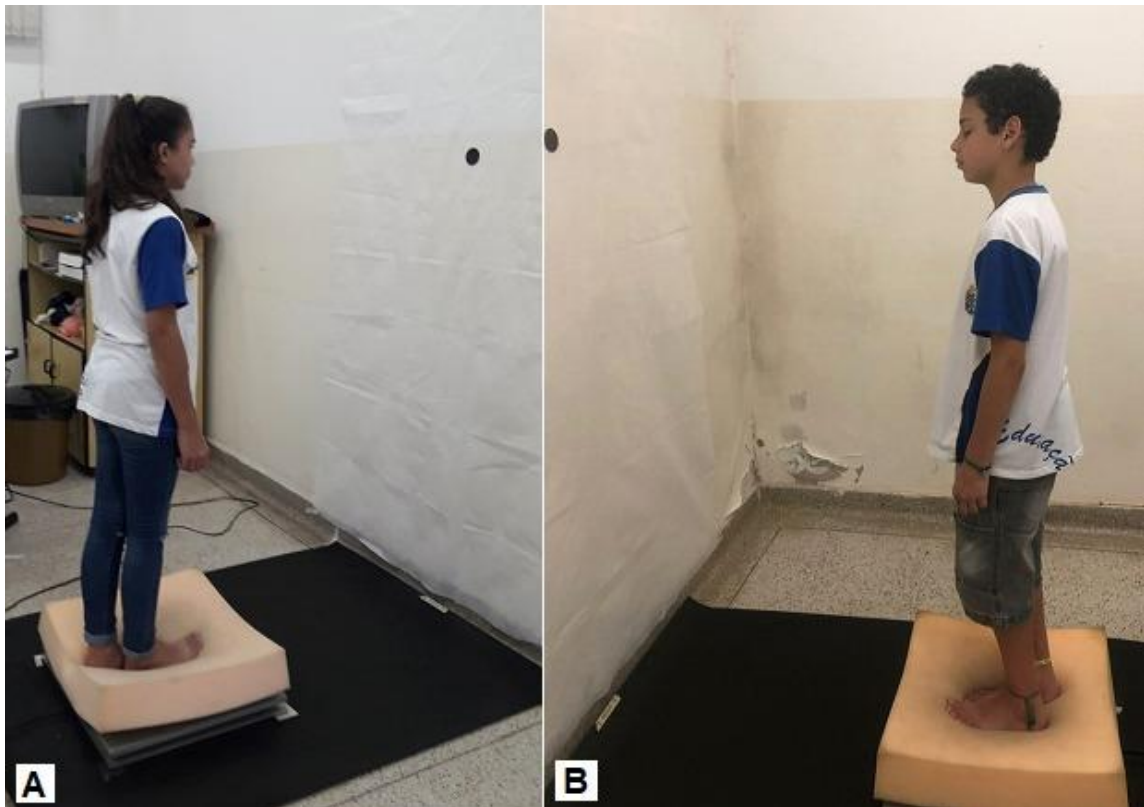
Figura 3. Criança sobre a plataforma de força em apoio bipodal (3A) e apoio semi-tandem (3B).



Fonte: Imagem realizada pelos autores e autorizada pelos responsáveis e pela criança.

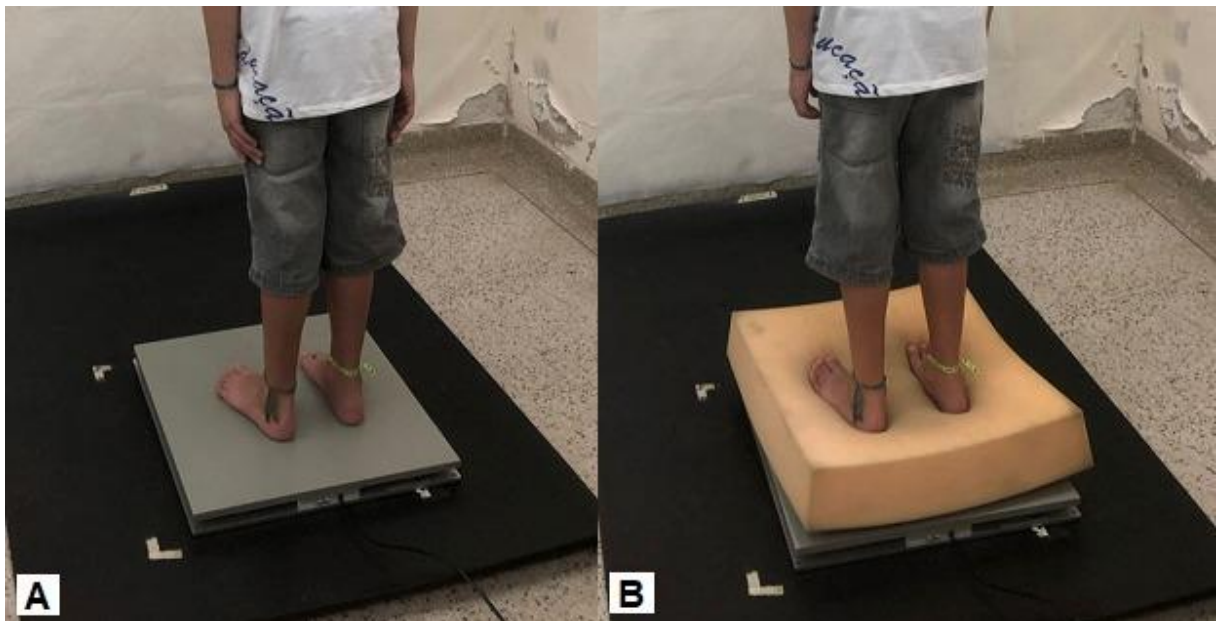
Todos os participantes foram familiarizados com o equipamento, ficando inicialmente descalços com os braços posicionados ao lado do corpo. Duas tentativas de 30 segundos (intervalos de 10 segundos) começavam quando a criança estava em pé nas seguintes condições experimentais: condição visual com os olhos abertos (Figura 4A) ou fechados (Figura 4B) e condição de superfície em uma superfície rígida (Figura 5A) ou macia (Figura 5B).

Figura 4. Criança na condição visual de olhos abertos (4A) e olhos fechados (4B).



Fonte: Imagem realizada pelos autores e autorizada pelos responsáveis e pela criança.

Figura 5. Criança na condição de superfície rígida (5A) e macia (5B).



Fonte: Imagem realizada pelos autores e autorizada pelos responsáveis e pela criança.

A ordem e combinações das condições foram: 1- Olhos Abertos, Bipodal e Rígido; 2- Olhos abertos, Semi-tandem e Rígido; 3- Olhos Abertos, Bipodal e Macia;

4- Olhos abertos, Semi-tandem e Macia; 5- Olhos Fechados, Bipodal e Rígido; 6- Olhos fechados, Semi-tandem e Rígido; 7- Olhos Fechados, Bipodal e Macia; 8- Olhos Fechados, Semi-tandem e Macia).

Os sinais da plataforma de força foram registrados em uma frequência de 200 Hz e filtrados usando um filtro *Butterworth zero-lag* de 2ª ordem, com uma frequência de corte de 12,5 Hz. A partir dos deslocamentos do CoP, análises globais foram empregadas nas direções AP e ML para descrever o desempenho do controle postural. Os descritores escolhidos foram o *Root Mean Square* (RMS) e a velocidade (VEL). O RMS foi calculado subtraindo os valores médios do sinal original (usando uma operação de redução de tendência) e, em seguida, calculando o desvio padrão (em centímetros). A VEL é a velocidade média do deslocamento do CoP (em centímetros por segundo) (PRIETO et al., 1996).

Procedimento

Este estudo foi controlado randomizado, com avaliador-cego. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos, sob protocolo número 89993118.8.000.5504/2018 (Anexo 1). Todos os pais e crianças assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido previamente aos procedimentos do estudo.

Para o fluxograma do procedimento de seleção, consulte a Figura 1 deste artigo. Para a primeira etapa de seleção, enviamos (por meio das escolas) para os responsáveis das crianças de 7 a 12 anos, o *Developmental Coordination Disorder Questionnaire* (DCD-Q) (para verificar o critério B do DSM-5), o questionário demográfico (para verificar os critérios C e D do DSM-5) e o termo de consentimento livre e esclarecido. Com os questionários devolvidos, foi verificado se a criança não tinha nenhuma patologia, distúrbio ou condição que comprometesse a identificação do TDC ou desenvolvimento típico. Após esse procedimento, o projeto foi dividido em cinco etapas: (1) Identificação do nível de desempenho motor (critério A do DSM-5) por meio do MABC-2, aplicado por terapeutas treinados. Nesse mesmo dia, o peso e a altura das crianças foram determinados. Após classificar as crianças como TDC, de acordo com seu desempenho motor, estas foram pareadas com crianças com desenvolvimento típico com idade similares. Em seguida, realizamos uma randomização estratificada para alocar cada par para o protocolo *Wii Fit* ou *Xbox Kinect*. (2) O pré-teste da plataforma de força foi realizado por um pesquisador

treinado. Um outro terapeuta testou as crianças no *Yoga-stance*. Todas as avaliações foram realizadas em uma sala silenciosa da escola. (3) O treinamento foi realizado na mesma sala, que foi equipada com quatro monitores de televisão conectados a dois consoles *Nintendo Wii Fit* e dois consoles *Xbox 360 Kinect*.

Todas as sessões foram supervisionadas por dois terapeutas treinados que desconheciam a classificação da performance motora das crianças. Cada treinamento durou cerca de 20 minutos, com um total de nove sessões durante um período de cinco semanas, conforme protocolo publicado em Jelsma et al. (2022). As crianças tiveram a oportunidade de recuperar o atraso caso perdessem uma sessão de treinamento, de preferência durante a mesma semana ou na próxima semana. (4) Pós-treinamento: MABC-2, *Yoga-stance* e protocolo de plataforma de força foram repetidos. (5) Para o *follow up*, após quatro meses sem treinamento, todos os testes foram aplicados novamente.

Treinamento

O treinamento foi baseado em jogos *Wii-Fit* e *Xbox Kinect* que fornecem deslocamentos e movimentos corporais durante o jogo para controlar o avatar. O treinamento foi realizado duas vezes por semana, exceto na última semana. No primeiro dia da semana, as crianças do grupo *Wii Fit* jogaram cinco jogos: *Soccer heading* (Figura 6A), *Table tilt* (Figura 6B), *Ski jump* (Figura 6C), *Balance bubble* (Figura 6D) e *Penguin slide* (Figura 6E). No segundo dia da semana, as crianças jogaram os outros cinco jogos do *Wii-Fit*: *Snowboard Slalom* (Figura 7A), *Kung Fu* (Figura 7B), *Obstacle Course* (Figura 7C), *Skate Boarding* (Figura 7D) e *Perfect 10* (Figura 7E). A criança jogou cada jogo duas vezes nesta sequência pré-determinada, totalizando 20 minutos cada sessão. As crianças do grupo *Xbox Kinect* jogaram no primeiro dia da semana cinco jogos do *Xbox Adventure*: *River Rush* (Figura 8A), *Rally Ball* (Figura 8B), *20.000 Leaks* (Figura 8C), *Reflex Ridge* (Figura 8D) e *Space pop* (Figura 8E). No segundo dia da semana, as crianças jogaram quatro partidas do *Xbox Sport*: Atletismo (Figura 9A), Futebol (Figura 9B), Vôlei de Praia (Figura 9C) e Tênis de Mesa (Figura 9D). Como esses jogos do *Xbox Sports* consumiam mais tempo, as crianças jogavam esses jogos apenas uma vez.

Figura 6. Jogos da primeira semana do *Wii-Fit*: Soccer heading (6A), Table tilt (6B), Ski jump (6C), Balance bubble (6D) e Penguin slide (6E).



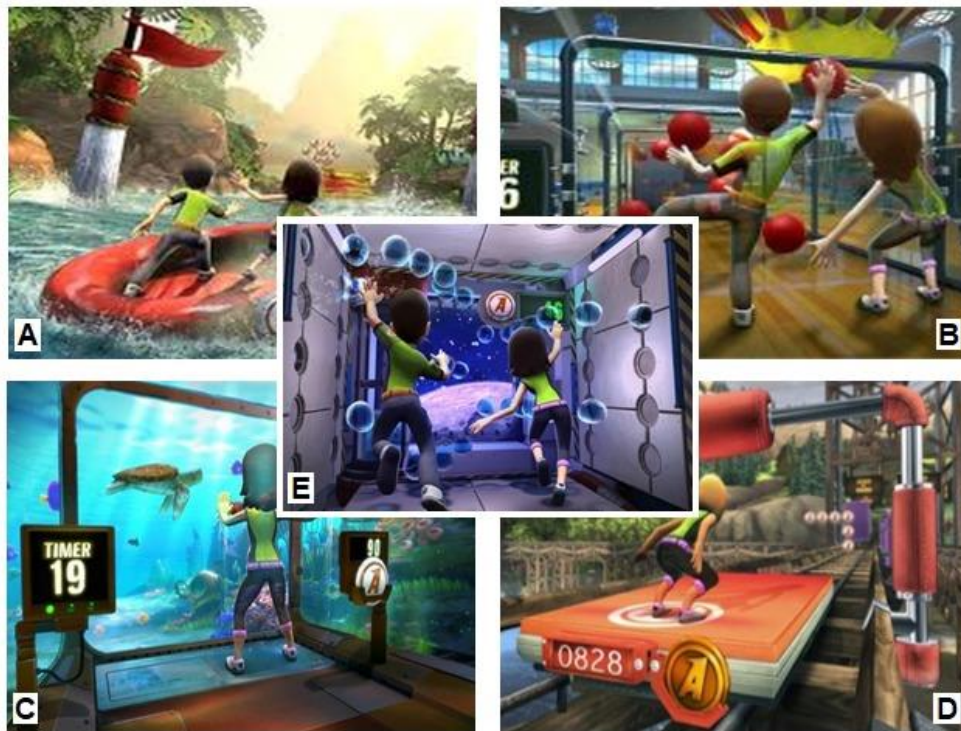
Fontes: Imagens retiradas online.

Figura 7. Jogos da segunda semana do *Wii-Fit*: Snowboard Slalom (7A), Kung Fu (7B), Obstacle Course (7C), Skate Boarding (7D) e Perfect 10 (7E).



Fontes: Imagens retiradas online.

Figura 8. Jogos da primeira semana do *Xbox Adventure*: *River Rush* (8A), *Rally Ball* (8B), *20.000 Leaks* (8C), *Reflex Ridge* (8D) e *Space pop* (8E).



Fontes: Imagens retiradas online.

Figura 9. Jogos da segunda semana do *Xbox Sport*: *Atletismo* (9A), *Futebol* (9B), *Vôlei de Praia* (9C) e *Tênis de Mesa* (9D).



Fontes: Imagens retiradas online.

Análise dos dados

A normalidade e homocedasticidade dos dados foram verificadas com o teste de *Kolmogorov-Smirnov*. O teste U de *Mann-Whitney* foi usado para testar as diferenças entre os grupos DT e TDC no DCD-Q, *Total Standard Score*, *Balance Standard Score*, Idade e IMC e, adicionalmente, entre os grupos *Wii Fit* e *Xbox Kinect*. O teste qui-quadrado foi usado para comparar a distribuição de gênero entre os grupos DT e TDC e entre os grupos *Wii* e *Xbox*. Não houve diferenças nos dados demográficos entre os grupos *Wii* e *Xbox*. No entanto, uma diferença de idade foi encontrada entre os grupos DT e TDC. Portanto, a idade foi usada como uma covariável nas análises de medidas repetidas do Modelo Linear Geral (GLM). No subgrupo do *follow up* (50 crianças), não foram encontradas diferenças nos dados demográficos entre os grupos *Wii Fit* e *Xbox Kinect*, nem entre os grupos DT e TDC.

O *Wilcoxon Signed Rank Test* foi usado para testar as diferenças do *Balance Standard Score* e do *Total Standard Score* do MABC-2 entre pré e pós-treinamento e entre pós-teste e *follow up*. O teste U de *Mann-Whitney* foi usado para analisar as diferenças entre a mudança dos grupos. Medidas repetidas do GLM foram usadas para comparar os resultados do *Yoga-stance* entre pré e pós-treinamento (com a idade como covariável) e entre pré, pós-treinamento e *follow up*.

Análises de medidas repetidas do GLM, com a idade como covariável, foram usadas para testar mudanças nas condições visuais, de apoio e de superfície no pré e pós-treinamento entre os grupos no RMS na direção AP (RMS_AP), RMS na direção ML (RMS_ML), velocidade na direção AP (VEL_AP) e velocidade na direção ML (VEL_ML). Análises *Post Hoc Bonferroni* foram usadas para determinar interações significativas.

Posteriormente, análises de medidas repetidas do GLM foram realizadas nos momentos pré, pós-treinamento e *follow up*, para verificar a consistência das mudanças e interações após quatro meses. Neste subgrupo não foi necessário o controle por idade. Ao verificar *outliers* nos dados de *follow up*, encontramos cinco *outliers* na condição olhos fechados, semi-tandem e superfície macia (quatro crianças típicas e uma TDC) nas variáveis RMS_AP e VEL_AP, então seus dados foram substituídos pelas medianas de seus respectivos grupo e condição.

As análises estatísticas foram realizadas com o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS versão 25.0, IBM Corp, 2017) com nível de significância estabelecido em $p < 0,05$.

Resultados

As características demográficas dos grupos (DT versus TDC; Wii versus Xbox) no pré e pós-treinamento e do subgrupo no follow up são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características das crianças com TDC e DT por dispositivo (*Wii Fit* e *Xbox Kinect*).

Variáveis	Pré e pós-teste				Follow up			
	Grupo <i>Wii Fit</i> (n=36)		Grupo <i>Xbox Kinect</i> (n=40)		Grupo <i>Wii Fit</i> (n=23)		Grupo <i>Xbox Kinect</i> (n=27)	
	TDC (n=17)	DT (n=19)	TDC (n=19)	DT (n=21)	TDC (n=11)	DT (n=12)	TDC (n=15)	DT (n=12)
<i>MABC-2</i>								
MABC-2 média Total Standard Score (DP)*	4,65 (1,50)	9,84 (1,26)	4,63 (1,54)	10,10 (1,34)	4,64±1,63	9,92±1,08	4,33±1,59	9,92±1,16
MABC-2 média Balance Standard Score (DP)*	5,29 (1,61)	12,00 (2,36)	5,26 (1,88)	10,95 (2,42)	5,73±1,42	12,17±2,52	4,93±1,91	11,33±2,61
DCD-Q média (DP)*	46,06 (6,97)	62,89 (9,27)	44,37 (9,30)	61,48 (9,88)	47,55±5,45	60,42±9,68	45,33±8,74	60,33±9,69
IMC média (DP)**	16,96 (5,38)	17,40 (2,07)	17,77 (3,83)	18,29 (4,08)	18,36±4,18	16,98±1,97	17,30±2,96	17,70±4,38
Idade média em anos (DP)	9,06 (1,25) #	9,84 (1,12) #	9,00 (1,05) #	9,43 (0,87) #	8,73±0,79##	9,17±0,72##	8,93±1,10##	9,00±0,60##
<i>Gênero</i> ***								
Número de Meninas (%)	7 (41%)	10 (53%)	9 (47%)	13 (62%)	5 (45%)	5 (42%)	7 (47%)	8 (67%)
Número de Meninos (%)	10 (59%)	9 (47%)	10 (53%)	8 (38%)	6 (55%)	7 (58%)	8 (53%)	4 (33%)

Abreviaturas: n: número. TDC: Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. DT: Desenvolvimento típico. DP: Desvio padrão. MABC-2: *Movement Assessment Battery for Children - Second Edition*. DCD-Q: *Developmental Coordination Disorder Questionnaire*. IMC: Índice de Massa Corporal.

*O teste de *Mann-Whitney* mostrou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos DT e TDC e nenhuma diferença significativa entre os grupos *Wii Fit* e *Xbox Kinect*.

** O teste de *Mann-Whitney* não mostrou diferenças significativas entre os grupos DT e TDC e nenhuma diferença significativa entre os grupos *Wii Fit* e *Xbox Kinect*.

*** O teste qui-quadrado não mostrou diferenças significativas entre os grupos DT e TDC e nenhuma diferença significativa entre os grupos *Wii Fit* e *Xbox Kinect*.

O teste de *Mann-Whitney* mostrou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos DT e TDC (76 crianças) e nenhuma diferença significativa entre os grupos *Wii Fit* e *Xbox Kinect*.

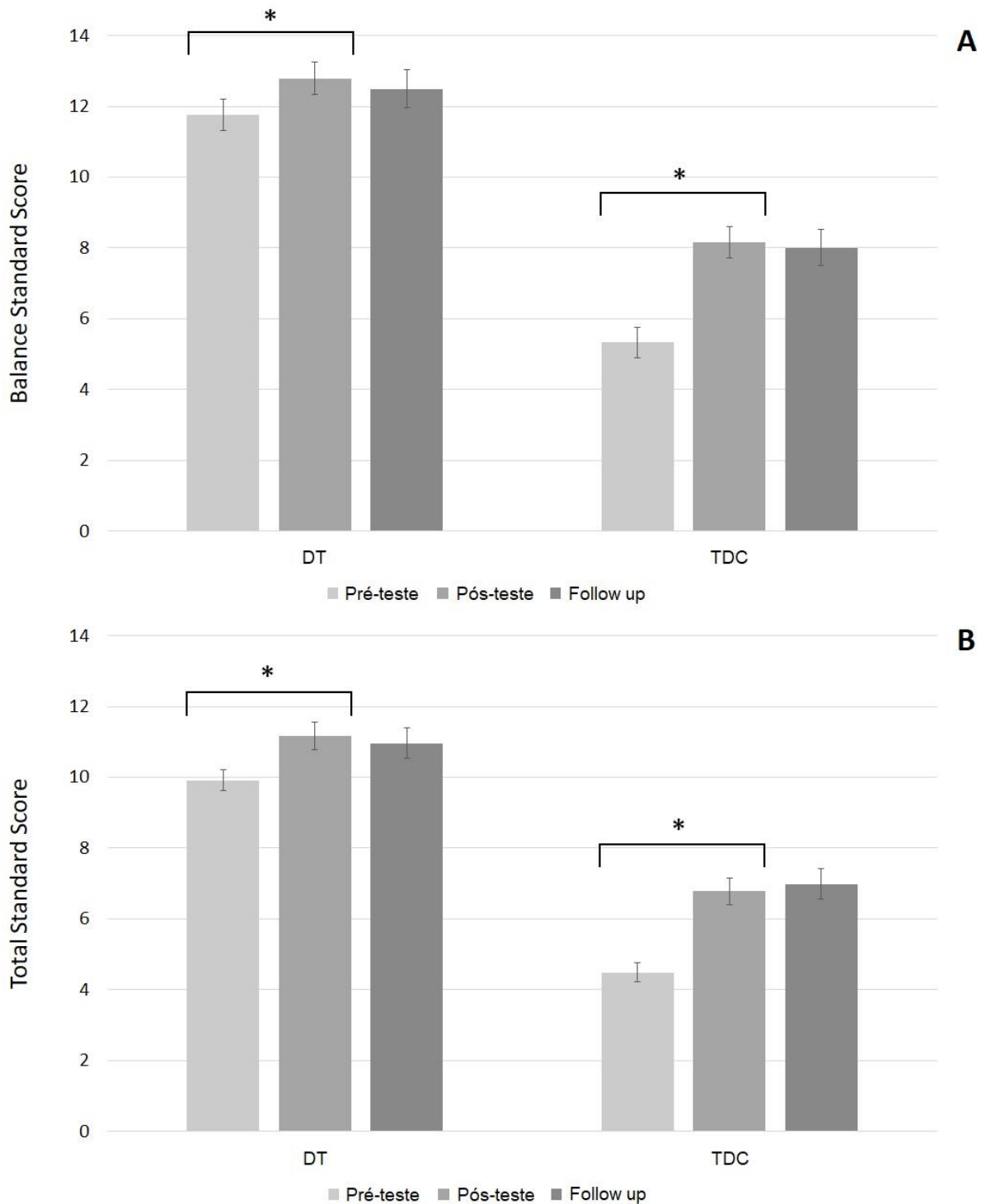
O teste t independente *Mann-Whitney* não mostrou diferenças significativas entre os grupos DT e TDC (50 crianças) e nenhuma diferença significativa entre os *Wii Fit* e *Xbox Kinect*.

Efeitos nos testes clínicos após o treinamento com AVG e no follow up

Uma diferença significativa foi encontrada para o *Balance Standard Score* (BSS) do MABC-2 entre pré e pós-treinamento ($Z=-4,993$, $p<0,001$), e nenhuma mudança foi encontrada entre pós-treinamento e *follow up* ($Z=-0,115$, $p=0,909$). Os escores de equilíbrio melhoraram entre pré e pós-treinamento, e este efeito foi significativo para crianças com TDC ($Z=-4,702$, $p<0,001$) e crianças com DT ($Z=-2,032$, $p=0,042$) e isso foi independente do AVG utilizado no treinamento ($Z=-0,005$, $p=0,996$). Embora ambos os grupos tenham melhorado, houve uma diferença significativa na mudança ($Z=-3,164$, $p=0,002$), o grupo TDC melhorou mais que o grupo DT, devido ao efeito teto do MABC-2 (Figura 10 A).

O efeito do tempo na amostra geral também foi encontrado para o *Total Standard Score* (TSS) do MABC-2 ($Z=-5,512$, $p<0,001$), e nenhuma mudança ocorreu entre o pós-treinamento e o *follow up* ($Z=-0,571$, $p=0,568$). Os escores de desempenho motor melhoraram entre pré e pós-treinamento, e este efeito foi significativo para crianças com TDC ($Z=-4,160$, $p<0,001$) e crianças com DT ($Z=-3,483$, $p<0,001$), e isso foi independente do AVG utilizado no treinamento ($Z=-0,440$, $p=0,660$). Também houve diferença entre os grupos ($Z=-2,128$, $p=0,033$), sendo que as crianças com TDC melhoraram mais do que as crianças com DT (Figura 10 B).

Figura 10. Média e desvio padrão dos dados pré, pós-treinamento e *follow up* do *Balance Standard Score* (10A) e *Total Standard Score* (10B) para o grupo DT e TDC.



Nenhum efeito significativo do tempo foi encontrado na tarefa *Yoga-stance* entre pré e pós-treinamento quando corrigido para diferenças de idade entre o grupos DT e TDC ($F(1, 72)=0,16$, $p=0,692$) (Pré-treinamento $M=54,03\pm 28,31$; pós-

treinamento $M=66,77\pm 19,52$). Quando testado o subgrupo, que não precisamos corrigir a idade, foi encontrada uma mudança significativa entre pré e pós-treinamento ($p<0,001$), que se manteve no *follow up* (Pré-treinamento $M=50,49\pm 26,51$; pós-treinamento $M=62,87\pm 20,34$; *follow up* $M=63,03\pm 23,43$). Não houve interação tempo*grupo ($F(2, 45)=0,63$, $p=0,537$), tempo*AVG ($F(2, 45)=0,04$, $p=0,962$) ou tempo*grupo*AVG ($F(2, 45)=0,085$, $p=0,919$), revelando que os escores melhoraram, independentemente do grupo e tipo de AVG treinado.

Efeitos nos resultados da plataforma de força após o treinamento com AVG e no *follow up*

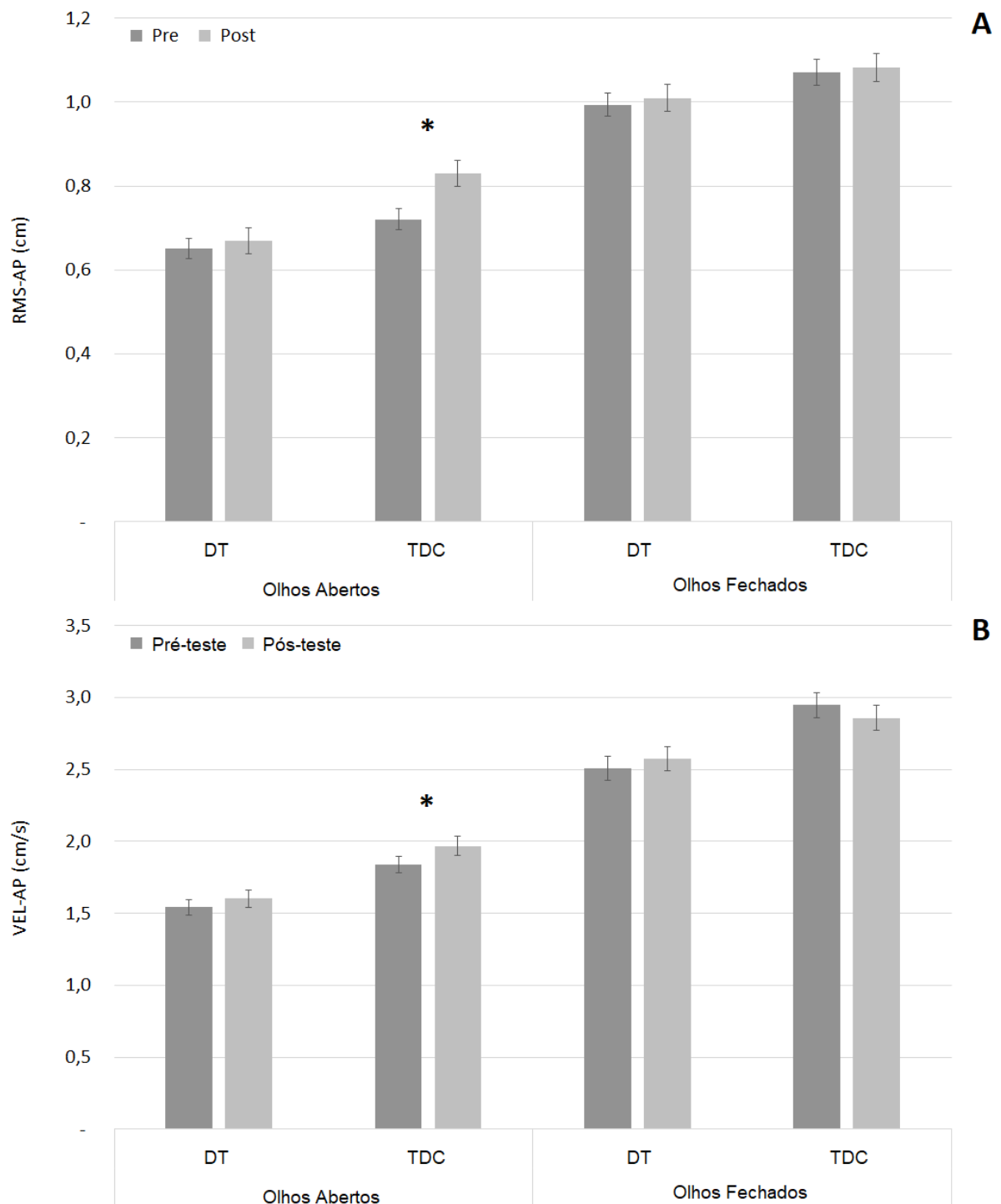
Nenhum efeito principal do tempo foi encontrado em nenhuma das variáveis entre pré, pós-treinamento e *follow up*. Da mesma forma, nenhum efeito de interação de tempo*grupo (TDC e DT) e tempo*AVG (*Wii Fit* e *Xbox Kinect*) foi encontrado.

Embora nenhum efeito principal de tempo tenha sido encontrado, uma interação com o grupo emergiu. Esse efeito de interação foi encontrado para tempo*visual*grupo, tanto no RMS_ap ($F(1, 72)=6,116$, $p=0,016$) quanto na VEL_ap ($F(1, 72)=7,073$, $p=0,010$). Quando analisamos o subgrupo nos três momentos, essa interação deixou de ser significativa para RMS_ap ($F(2,46)=2,525$, $p=0,091$), mas se manteve para VEL_ap ($F(2,46)=4,218$, $p=0,021$).

Ao examinar essa interação, o RMS_ap aumentou no grupo TDC após o treinamento, apenas na condição de olhos abertos ($F(1, 72)=15,219$, $p<0,001$), o que não foi o caso para DT ($F(1, 72)=0,525$, $p=0,471$), nem para a condição de olhos fechados (TDC $F(1, 72)=0,155$, $p=0,695$; DT $F(1, 72)=0,349$, $p=0,557$) (Figura 11 A). Para VEL_ap ocorreu a mesma interação, com valores aumentados no pós-teste na condição de olhos abertos para o grupo TDC ($F(1, 72)=6,249$, $p=0,015$), o que não ocorreu para as crianças com DT ($F(1, 72)=1,463$, $p=0,230$). Novamente, não houve diferença significativa ao longo do tempo na condição de olhos fechados (TDC $F(1, 72)=1,931$, $p=0,169$; DT $F(1, 72)=1,245$, $p=0,268$) (Figura 11B).

Nenhuma interação significativa foi encontrada para tempo*apoio*grupo (bipodal versus semi-tandem) ou tempo*superfície*grupo (rígido versus macio). As médias e desvios padrões (DP) de todas as condições e tempos são apresentados no material suplementar (Apêndice A).

Figura 11. Média e desvio padrão dos dados pré e pós-treino sobre tempo*grupo*visual em RMS_ap (11A) e VEL_ap (11B).



RMS: *Root Means Square*. VEL: velocidade. AP: anteroposterior. DT: desenvolvimento típico. TDC: Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação.
 Fonte: Elaborado pela própria autora.

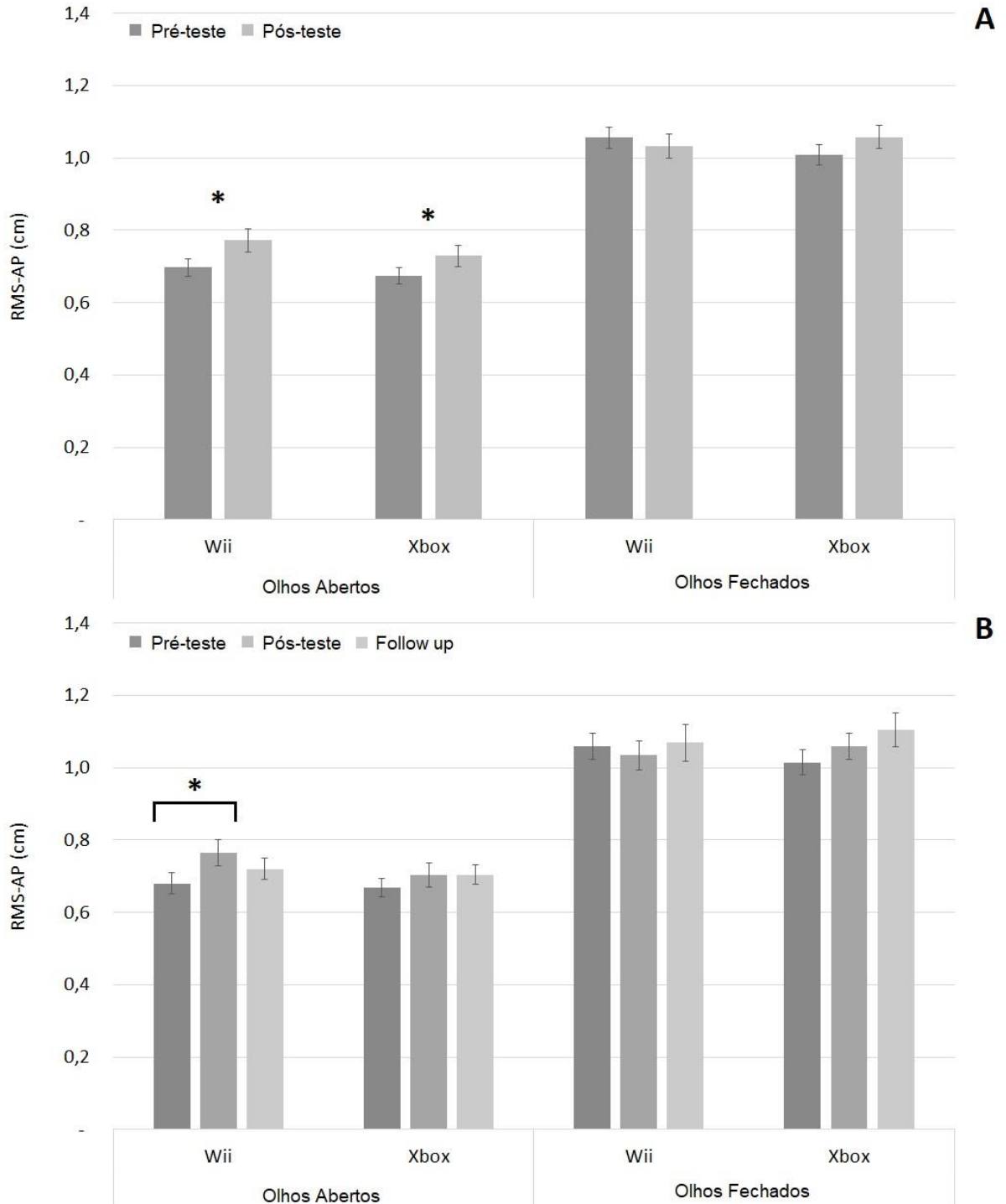
Embora nenhum efeito principal do AVG tenha sido encontrado, uma interação com o tempo*visual*AVG foi encontrada para o RMS_ap ($F(1, 72)=6,216, p=0,015$),

mas não para a VEL_ap ($F(1, 72)=2,578$, $p=0,113$) entre pré e pós-treinamento. Quando analisamos o subgrupo com os três momentos, para o RMS_ap essa interação se manteve ($F(2,46)=3,728$, $p=0,032$), e tornou-se significativa para a VEL_ap ($F(2,46)=6,485$, $p=0,003$). A interação tempo*visual*AVG revelou que ambos os AVGs promoveram aumentos nos valores de RMS_ap, com os olhos abertos, entre o pré e o pós-treino (Wii $F(1, 72)=7,301$, $p=0,009$; Xbox $F(1, 72)=4,284$, $p=0,042$), mas isso não ocorreu (ou ocorreu em menor grau) quando os olhos estavam fechados (Wii Fit $F(1, 72)=0,692$, $p=0,408$; Xbox Kinect $F(1, 72)=3,598$, $p=0,062$) (Figura 12A). Ao analisar o subgrupo com os três momentos, essa interação se manteve na condição de olhos abertos para as crianças treinadas no Wii Fit ($p=0,038$ entre pré e pós-treinamento), mas não foi mais significativa para o grupo Xbox Kinect ($p=0,738$ entre pré e pós-treinamento) (Figura 12B).

Em relação às demais condições (apoio e superfície), não foram encontradas interações significativas.

Para a direção médio lateral (ML) não foram encontrados efeitos principais ou de interação para nenhuma das variáveis (RMS ou VEL).

Figura 12. Média e desvio padrão de todas as crianças sobre o tempo*AVG*visual dos dados pré e pós-treinamento no RMS_ap (4A) e dos dados pré, pós-treinamento e *follow up* no RMS_ap (4B).



RMS: *Root Means Square*. AP: anteroposterior.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Discussão

O objetivo deste estudo foi verificar se o treinamento com AVG melhora o equilíbrio e, mais importante, se essa melhora se perpetua após a interrupção da intervenção. Este estudo mostrou que o equilíbrio melhorou nas medidas clínicas após o treinamento, e esse efeito ainda estava presente após quatro meses. As melhorias detectadas no MABC-2 e na tarefa *Yoga-stance* foram independentes do AVG usado para o treinamento.

Além disso, as variáveis de oscilação corporal foram avaliadas antes e após treinamento com AVG e depois de quatro meses sem treinamento, em diferentes condições de apoio, visão e superfície e equilíbrio em crianças com e sem TDC. No geral, as crianças com TDC e DT responderam de forma comparável ao treinamento com AVG, mantendo assim a diferença no desempenho de oscilação entre os dois grupos. Em quase todas as condições não houve mudança significativa na oscilação medida após o treinamento. Um efeito de interação foi encontrado com o grupo (tempo*visão*grupo), mostrando uma resposta diferente no grupo TDC após o treinamento na condição de olhos abertos, indicando que houve um efeito específico do treinamento. Este efeito de interação revelou que apenas a condição de olhos abertos apresentou aumento na oscilação, tanto no treinamento com *Wii Fit* quanto com *Xbox Kinect*, o que não ocorreu na condição de olhos fechados. Os resultados indicaram que esse aumento do efeito de oscilação pode ter uma retenção maior após o treinamento com *Wii Fit*. Além disso, os resultados do equilíbrio durante as diferentes condições de apoio e superfície não foram significativamente influenciados pelo AVG utilizado. Os efeitos de interação foram significativos apenas na direção anteroposterior (AP), e não na direção médio lateral (ML).

Nosso estudo gerou algumas novas descobertas. Este é o primeiro estudo a mostrar os efeitos de longo prazo do AVG no desempenho do equilíbrio em crianças com (e sem) TDC. Embora as crianças tenham melhorado claramente nos itens de equilíbrio após o treinamento, isso não foi representado como uma mudança geral nas condições medidas na plataforma de força. Os grupos TDC e DT apresentaram semelhante ausência de mudanças no comportamento da oscilação nas condições não treinadas. A interação significativa revelou que o efeito do treinamento ocorreu na condição de olhos abertos e, de modo importante, um aumento significativo da dispersão do centro de pressão e velocidade média na direção anteroposterior foram encontrados no grupo TDC, mas não no grupo DT.

Os padrões de oscilação em indivíduos com controle postural deficiente são relatados como mais dispersos do que em indivíduos não afetados. A partir dessa perspectiva, pode-se concluir que as crianças com TDC pioraram após o treinamento, pois sua oscilação aumentou. Por outro lado, o treinamento pode ter proporcionado a oportunidade de experimentar o deslocamento em várias direções e velocidades, e isso pode ter proporcionado às crianças oportunidades de explorar seus limites de estabilidade. Além disso, eles pareciam ter aumentado a velocidade de seus ajustes posturais reativos. O treinamento pode ter feito com que as crianças relaxassem na condição em que a entrada visual estava disponível, levando a uma oscilação mais para frente e para trás. Como resultado, ambos os grupos, mas especialmente as crianças com TDC, ficaram menos rígidas, permitindo uma oscilação mais espontânea e natural na condição segura, com os olhos abertos, independentemente de permanecerem com uma base de apoio pequena ou maior e superfície firme ou macia. Nossos achados de aumento da dispersão após o treinamento podem ser um sinal de maior confiança no equilíbrio nessas tarefas simples, tornando as crianças mais relaxadas, equilibrando-se com menos rigidez articular, maior dissociação e mais graus de liberdade e flexibilidade. Treinar de modo mais dinâmico (jogo) com as mudanças de peso durante o treinamento com AVG pode ter proporcionado uma seleção mais otimizada dos graus de liberdade, levando a uma maior flexibilidade de movimentos. Essa flexibilidade pode permitir que o indivíduo encontre novas soluções, que otimizem ainda mais o desempenho da tarefa (LORAM; MAGANARIS; LAKIE, 2005; POSA et al., 2020), o que se adequaria aos resultados dos testes clínicos. Resultado semelhante também foi encontrado no estudo de Posa et al. (2020) com adultos jovens saudáveis e no estudo de Nagy et al. (2007) com idosos, apresentando um aumento na trajetória de oscilação após treino de equilíbrio, que foi explicado como um sinal de mais confiança e menos congelamento das articulações, permitindo assim maior flexibilidade de movimentos e estratégias de equilíbrio.

Curiosamente, na tarefa mais difícil, com apoio unipodal na posição de *Yoga-stance*, os escores do jogo aumentaram, indicando um maior tempo gasto nesta posição sem grandes oscilações, concordando com a ideia de permitir mais oscilação (descongelamento) em uma condição controlada (BERNSTEIN, 1967). Como implicação clínica desse achado, pode ser que o treinamento com AVGs tenha um efeito nos processos relacionados ao aumento dos graus de liberdade, indicando maior confiança no equilíbrio.

Em relação às pontuações do *Yoga-stance* no pré e pós-treinamento para o grupo total e o subgrupo, parece que a idade e a proficiência motora foram fatores importantes. No subgrupo menor, sem as crianças mais velhas e com relativamente mais crianças com TDC, as melhorias na tarefa de *Yoga-stance* foram significativas e mantidas após quatro meses sem intervenção. Pode ser que a postura unipodal mais complexa durante a tarefa de *Yoga-stance* seja mais sensível a mudanças em comparação com as tarefas mais simples de apoio bipodal na plataforma de força, e que os resultados dependam mais de fatores como experiência e maturação da tarefa.

O fato de terem sido observadas apenas mudanças na direção AP provavelmente é causado pela posição utilizada na plataforma de força. No apoio bipodal, as estratégias de equilíbrio utilizadas são principalmente na direção AP, usando movimentos do tornozelo (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2007). Na direção ML, sabe-se que as estratégias do quadril são combinadas com deslocamento oposto da cabeça, principalmente em crianças com TDC, gerando assim uma compensação das duas forças (JELSMA et al., 2016; JELSMA; GEUZE; SMITS-ENGELSMAN, 2020; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2007). Como resultado, as forças de reação do solo medidas pela plataforma de força terão uma força resultante em torno de zero porque na direção ML uma estratégia compensa a outra. Ressaltamos que não filmamos as respostas das crianças, portanto, podemos apenas teorizar que isso pode ter acontecido.

Neste estudo utilizamos desfechos múltiplos, o que deu novos *insights* sobre as mudanças observadas após a intervenção. Ao adicionar os dados da plataforma de força, demos um primeiro passo para entender as mudanças na dinâmica da oscilação. Pode ser que o aumento da oscilação esteja relacionado a uma diminuição da tensão ao redor do tornozelo. Ao ficar em pé com articulações menos rígidas e menos ativação dos músculos da panturrilha, será mais fácil para a criança reagir aos deslocamentos (LORAM; MAGANARIS; LAKIE, 2005). Novos estudos são necessários para comparar tarefas de desempenho motor com os dados da plataforma de força em posições mais desafiadoras, combinados com dados cinemáticos e dados de eletromiografia (EMG) para obter mais conhecimento sobre a relação entre o desempenho do equilíbrio, a ativação muscular e os graus de liberdade. Esses dados adicionais podem fornecer uma compreensão mais ampla da dinâmica dos músculos, estratégias de equilíbrio e mudanças após a intervenção.

Também destacamos algumas limitações do presente estudo: (1) Nosso grupo de *follow up* foi menor devido à mudança das crianças mais velhas do ensino fundamental I para o ensino fundamental II. (2) Faltou um grupo de controle sem intervenção no projeto. (3) A ordem das condições não foi randomizada por razões práticas (a variante fácil sempre foi executada primeiro). Recomendamos a realização de estudos futuros, nos quais os dados da plataforma de força serão coletados em combinação com EMG e cinemática, para estudar a associação com testes de desempenho motor após treinamento com AVG.

Conclusão

O treinamento com AVGs, *Wii Fit* e *Xbox* resultaram em efeitos de longo prazo no desempenho do equilíbrio e provocou mudanças nos testes clínicos e nos descritores globais de oscilação, indicando maior segurança no equilíbrio, mas apenas na condição treinada (com os olhos abertos). As crianças tiveram aumento no RMS e VEL o que pode ser decorrente do aumento dos graus de liberdade e da diminuição do congelamento corporal, sendo benéfica para o desempenho motor e o equilíbrio, o que foi confirmado pela melhora nos resultados dos testes clínicos.

Referências

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders**. 5 ed, 2013.

BERSNTEIN, N. **The coordination and regulation of movements**. Oxford: Pergamon Press, 1967.

BLANK, R.; BARNETT, A. L.; CAIRNEY, J.; GREEN, D.; KIRBY, A.; POLATAJKO, H.; ROSENBLUM, S.; SMITS-ENGELSMAN, B.; SUGDEN, D.; WILSON, P.; VINÇON, S. International clinical practice recommendations on the definition , diagnosis , assessment , intervention , and psychosocial aspects of developmental coordination disorder Coordinators. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 61, p. 242–285, 2019.

BONNEY, E.; RAMECKERS, E.; FERGUSON, G.; SMITS-ENGELSMAN, B. “Not just another Wii training”: a graded Wii protocol to increase physical fitness in adolescent girls with probable developmental coordination disorder-a pilot study. **BMC Pediatrics** (2018), v. 18, n. 78, p. 1–13, 2018.

CAVALCANTE NETO, J. L.; OLIVEIRA, C. C. De; GRECO, A. L.; ZAMUNÉR, A. R.; MOREIRA, R. C.; TUDELLA, E. Is virtual reality effective in improving the motor performance of children with developmental coordination disorder? A systematic

review. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 55, n. 2, p. 291–300, 2019.

CHERNG, R. J.; HSU, Y. W.; CHEN, Y. J.; CHEN, J. Y. Standing balance of children with developmental coordination disorder under altered sensory conditions. **Human Movement Science**, v. 26, p. 913–926, 2007.

DRAGHI, T. T. G.; CAVALCANTE NETO, J. L.; TUDELLA, E. Symptoms of anxiety and depression in schoolchildren with and without developmental coordination disorder. **Journal of Health Psychology**, v. 26, n. 10, p. 1519–1527, 2021.

EBRAHIMISANI, S.; SOHRABI, M.; TAHERI, H.; AGDASI, M. T.; AMIRI, S. Research in Developmental Disabilities Effects of virtual reality training intervention on predictive motor control of children with DCD – A randomized controlled trial. **Research in Developmental Disabilities**, v. 107, p. 103768, 2020.

FONG, S. S. M.; TSANG, W. W. N.; NG, G. Y. F. Altered postural control strategies and sensory organization in children with developmental coordination disorder. **Human Movement Science**, v. 31, p. 1317–1327, 2012.

GEBEL, A.; LÜDER, B.; GRANACHER, U. Effects of Increasing Balance Task Difficulty on Postural Sway and Muscle Activity in Healthy Adolescents. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 1–13, 2019.

GEUZE, R. H. Static balance and developmental coordination disorder. **Human Movement Science**, v. 22, n. 4–5, p. 527–548, 2003.

HAMMOND, J.; JONES, V.; HILL, E. L.; GREEN, D.; MALE, I. An investigation of the impact of regular use of the Wii Fit to improve motor and psychosocial outcomes in children with movement difficulties: a pilot study. **Child: Care, Health and Development**, v. 40, n. 2, p. 165–175, 2014.

HENDERSON, S. E.; SUGDEN, D. A.; BARNETT, A. L. Movement Assessment Battery for Children. In: **London: Psychological Corporation**. 2007.

JELSMA, L. D.; CAVALCANTE NETO, J. L.; SMITS-ENGELSMAN, B.; DRAGHI, T. T. G.; ROHR, L. A.; TUDELLA, E. Type of active video-games training does not impact the effect on balance and agility in children with and without developmental coordination disorder: A randomized comparator-controlled trial. **Applied Neuropsychology: Child**, v. 30, p. 1–10, 2022.

JELSMA, D.; GEUZE, R. H.; MOMBARG, R.; SMITS-ENGELSMAN, B. C. M. The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder and balance problems. **Human Movement Science**, v. 33, n. 1, p. 404–418, 2014.

JELSMA, L. D.; GEUZE, R. H.; SMITS-ENGELSMAN, B. C. M. Movement Control Strategies in a Dynamic Balance Task in Children With and Without Developmental Coordination Disorder. **Journal of Motor Behavior**, v. 52, n. 2, p. 175–186, 2020.

JELSMA, L. D.; SMITS-ENGELSMAN, B. C. M.; KRIJNEN, W. P.; GEUZE, R. H. Changes in dynamic balance control over time in children with and without Developmental Coordination Disorder. **Human Movement Science**, v. 49, p. 148–159, 2016.

LINO, F.; ARCANGELI, V.; CHIEFFO, D. P. R. The Virtual Challenge: Virtual Reality Tools for Intervention in Children with Developmental Coordination Disorder. **Children**, v. 8, n. 4, p. 270, 2021.

LORAM, I. D.; MAGANARIS, C. N.; LAKIE, M. Human postural sway results from frequent, ballistic bias impulses by soleus and gastrocnemius. **Journal of Physiology**, v. 564, n. 1, p. 295–311, 2005.

MENTIPLAY, B. F.; FITZGERALD, T. L.; CLARK, R. A.; BOWER, K. J.; DENEHY, L.; SPITTLE, A. J. Do video game interventions improve motor outcomes in children with developmental coordination disorder? A systematic review using the ICF framework. **BMC Pediatrics**, v. 19, n. 22, p. 1–15, 2019.

MILLER, H. L.; CAÇOLA, P.; SHERROD, G.; PATTERSON, R. M.; BUGNARIU, N. L. Children with Autism Spectrum Disorder, Developmental Coordination Disorder, and typical development differ in characteristics of dynamic postural control: a preliminary study. **Gait Posture**, v. 67, p. 9–11, 2019.

MOMBARG, R.; JELSMA, D.; HARTMAN, E. Effect of Wii-intervention on balance of children with poor motor performance. **Research in Developmental Disabilities**, v. 34, p. 2996–3003, 2013.

NAGY, E.; FEHER-KISS, A.; BARNAI, M.; DOMJÁN-PRESZNER, A.; ANGYAN, L.; HORVATH, G. Postural control in elderly subjects participating in balance training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 100, p. 97–104, 2007.

PAGE, Z. E.; BARRINGTON, S.; EDWARDS, J.; BARNETT, L. M. Do active video games benefit the motor skill development of non-typically developing children and adolescents: A systematic review. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 12, p. 1087–1100, 2017.

POSA, G.; FARKASINSZKY, D.; MARGITHAZI, T.; NAGY, E. The measurable parameters of balance trainings in case of young healthy adults: Improved balance confidence or better postural stability? A pilot study. **Developments in Health Sciences**, v. 3, n. 4, p. 94–101, 2020.

PRADO, M. S. S.; MAGALHÃES, L. C.; WILSON, B. N. Cross-cultural adaptation of the Developmental Coordination Disorder questionnaire for brazilian children. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 13, n. 3, p. 236–243, 2009.

PRIETO, T. E.; MYKLEBUST, J. B.; HOFFMANN, R. G.; LOVETT, E. G.; MYKLEBUST, B. M. Measures of postural steadiness: Differences between healthy young and elderly adults. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 43, n. 9, p. 956–966, 1996.

RANGANATHAN, R.; LEE, M. H.; NEWELL, K. M. Repetition Without Repetition: Challenges in Understanding Behavioral Flexibility in Motor Skill. **Frontiers in Psychology**, v. 11, p. 1–7, 2020.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Motor control: Translating Research Into Clinical Practice**. 3 ed ed. Philadelphia: PA: Lippincott Williams and Wilkins, 2007.

SMITS-ENGELSMAN, B.; VINÇON, S.; BLANK, R.; QUADRADO, V. H.; POLATAJKO, H.; WILSON, P. H. Evaluating the evidence for motor-based interventions in developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. **Research in Developmental Disabilities**, v. 74, p. 72–102, 2018.

SPEEDTSBERG, M. B.; CHRISTENSEN, S. B.; ANDERSEN, K. K.; BENCKE, J.; JENSEN, B. R.; CURTIS, D. J. Impaired postural control in children with developmental coordination disorder is related to less efficient central as well as peripheral control. **Gait and Posture**, v. 51, p. 1–6, 2017.

STRAKER, L. M.; CAMPBELL, A. C.; JENSEN, L. M.; METCALF, D. R.; SMITH, A. J.; ABBOTT, R. A.; POLLOCK, C. M.; PIEK, J. P. Rationale , design and methods for a randomised and controlled trial of the impact of virtual reality games on motor competence , physical activity , and mental health in children with developmental coordination disorder. **BMC Public Health**, v. 11, p. 654, 2011.

TSAI, C.; WU, S. K.; HUANG, C.-H. Static balance in children with developmental coordination disorder. **Human movement science**, v. 27, p. 142–153, 2008.

4.2 Link entre os estudos

Por meio do Estudo I, podemos observar que as crianças com TDC se beneficiaram do treinamento com os AVGs para o equilíbrio estático na posição bipodal, tanto nos testes clínicos quanto nos resultados da PF. Observamos ainda que, contrário ao que se pensava, aumentar o CoP parece ser um efeito benéfico do treinamento, promovido pelo aumento de flexibilidade e diminuição do congelamento articular, por permitir à criança relaxar e deslocar-se com mais controle. Então, após a realização do pós-teste deste estudo e início da análise dos resultados, notamos que ainda existia uma lacuna para o entendimento de como estas crianças se comportavam no equilíbrio unipodal (sobre como era a dinâmica do controle postural). Por mais que avaliamos a posição unipodal por meio de testes clínicos antes e depois da intervenção, os mecanismos subjacentes da oscilação postural ainda não estavam claros. Para tanto, decidimos usar os descritores globais e estruturais da PF para obter mais informações sobre as forças de reação do solo para explicar o equilíbrio. Além disso, quisemos avaliar a relação entre as variáveis de desfecho da PF e os resultados dos testes clínicos. Para isso, de acordo com o discutido por nosso grupo de pesquisa, decidimos por acrescentar esta análise na terceira avaliação (*follow up*) para preencher esta lacuna. Por conseguinte, acrescentamos a análise da posição unipodal por meio da plataforma de força, cuidando para que a posição fosse a mais semelhante possível à posição do teste clínico (utilizamos como base o PERF-FIT, ferramenta desenvolvida e validada para este público aqui no Brasil por parte deste grupo de pesquisa), culminando no desenvolvimento do Estudo II.

4.2 Estudo II

Apoio unipodal em crianças com e sem Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação: Validade convergente entre descritores de CoP e tarefas clínicas de equilíbrio.

Tatiane Targino Gomes Draghi, Dorothee Jelsma, Daniela Godoi-Jacomassi, Jorge Lopes Cavalcante Neto, Bouwien Smits-Engelsman and Eloisa Tudella.

Resumo

Introdução: Crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) apresentam problemas para manter o equilíbrio. Para obter mais conhecimento sobre a relação entre oscilação durante o apoio unipodal e os desfechos clínicos, testamos crianças com TDC e seus pares com desenvolvimento típico (DT). **Questões de pesquisa:** (i) Quais descritores globais ou estruturais da trajetória do Centro de Pressão (CoP) discriminam melhor o comportamento de oscilação durante o apoio unipodal de crianças com TDC e de crianças com DT? (ii) Quão bem os descritores do deslocamento do CoP estão relacionados ao desempenho em tarefas clínicas de equilíbrio durante o apoio unipodal? **Métodos:** Trinta crianças (7-10 anos), 15 com TDC e 15 com DT participaram do estudo. O apoio unipodal foi analisado por meio da posturografia, pelo item de equilíbrio "Yoga stance" do *Wii Fit* e por meio de itens de equilíbrio estático da *Performance and Fitness Battery* (PERF-FIT) e *Movement Assessment Battery for Children-second edition* (MABC-2). **Resultados:** Surgiram diferenças consistentes grandes (*Cohen d* >0,80) nas direções Anteroposterior (AP) e Médio Lateral (ML) entre os grupos TDC e DT nos descritores globais (*Root Mean Square-RMS*) e estruturais (*RMS-Rambling*), apresentando maiores valores no grupo TDC. Associações significantes altas foram encontradas entre *Yoga-stance* e a maioria dos descritores globais e estruturais, e similarmente, mas menos, entre os itens *Hug-Knee* do PERF-FIT e *Wobble board* do MABC-2 e a maioria dos descritores da plataforma de força, todos na direção AP. **Significância:** Crianças com TDC apresentam maiores oscilações e piores escores clínicos do que crianças com DT. Os descritores globais na direção AP (RMS, velocidade e comprimento do deslocamento) discriminam melhor o comportamento entre crianças com TDC e com DT e estão bem relacionados às tarefas clínicas. Dos descritores estruturais, o *RMS Rambling* na

direção ML e o *RMS Trembling* na direção AP podem ser os melhores indicadores que representam forças corretoriais que se relacionam com os desfechos clínicos.

Palavras-chaves: Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. Equilíbrio estático. Plataforma de força. Apoio unipodal. Posturografia.

Introdução

O controle adequado do equilíbrio consiste na antecipação rápida e eficiente mediante aos distúrbios, para gerar oportunamente a quantidade necessária de ativação e coativação muscular para restaurar ou obter a posição pretendida (GEUZE, 2003). Existem várias maneiras de quantificar o equilíbrio durante o apoio unipodal, das quais a posturografia usando a plataforma de força (PF) é a mais utilizada. Ela quantifica a estabilidade postural, medindo a quantidade de oscilação corporal ao longo de um período de tempo. Principalmente descritores lineares (descritores globais, como comprimento do deslocamento, área e velocidade) são relatados para descrever a quantidade de oscilação. Outras análises menos frequentemente relatadas são as estruturais das amostras do Centro de Pressão (CoP), as quais captam a dinâmica que regula o controle do equilíbrio (VERBECQUE et al., 2021a). A decomposição *Rambling-Trembling* das amostras do CoP têm o potencial de fornecer informações valiosas sobre a oscilação postural (ZATSIORSKY; DUARTE, 1999). Como crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) frequentemente apresentam problemas de equilíbrio (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013), a posturografia tem sido amplamente utilizada para estudar as características de permanência no apoio bipodal em crianças com este transtorno (FORSETH; SIGMUNDSSON, 2003; GEUZE, 2003; PRZYSUCHA; TAYLOR, 2004; SPEEDTSBERG et al., 2017; TSAI; WU, 2008; TSAI; WU; HUANG, 2008; WANN; MON-WILLIAMS; RUSHTON, 1998). Esses estudos mostraram que crianças com TDC apresentaram oscilações aumentadas do CoP em apoio bipodal em comparação com crianças com desenvolvimento típico (DT). No entanto, estudos de apoio unipodal são escassos (FORSETH; SIGMUNDSSON, 2003; GEUZE, 2003; TSAI; WU, 2008; TSAI; WU; HUANG, 2008). Os estudos (FORSETH; SIGMUNDSSON, 2003; TSAI; WU, 2008) que analisaram esta posição, demonstraram que os descritores globais indicam oscilações aumentadas do CoP em crianças com TDC em comparação com crianças com DT, especialmente com os olhos fechados (GEUZE, 2003; TSAI; WU;

HUANG, 2008). Nenhum estudo examinou as análises estruturais no apoio unipodal em crianças até esta data.

Embora os registros de plataforma de força sejam considerados o padrão-ouro na obtenção de dados de equilíbrio válidos e confiáveis, é improvável que muitos terapeutas tenham acesso à posturografia. Portanto, testes padronizados de desempenho motor são usados para medir o equilíbrio em crianças com TDC. Apenas um número limitado de estudos (DE KEGEL et al., 2010; DEWAR et al., 2022; SHIM et al., 2022) examinou a validade simultânea PF e os desfechos clínicos em grupos de crianças, mas com outros diagnósticos diferentes do TDC. Kegel et al. (2010) encontraram correlações baixas e moderadas entre a posturografia e o *Korperkoordinationstest fur Kinder* (KTK) em crianças com problemas auditivos. Da mesma forma, relações baixas a moderadas foram encontradas entre a posturografia (em uma superfície firme com os olhos fechados e em uma superfície macia com os olhos abertos) e o *Kids-Balance Evaluation Systems Test* em crianças com Paralisia Cerebral (PC) (DEWAR et al., 2022). Shim et al. (2022) encontraram relações baixas (tarefas sentadas) para fortes (tarefas em pé) entre a versão coreana do *Pediatric Balance Scale* e desfechos da PF em crianças com PC. No entanto, nenhum estudo foi direcionado para a relação entre tarefas clínicas e descritores da PF em crianças com TDC.

Descritores de dados globais foram usados nesses estudos (DE KEGEL et al., 2010; DEWAR et al., 2022; SHIM et al., 2022), mas descritores estruturais como *rambling* e *trembling* podem fornecer informações mais detalhadas sobre o controle da postura (ZATSIORSKY; DUARTE, 1999). O comportamento do *rambling* e *trembling* no apoio unipodal em crianças com TDC ainda é desconhecido. Sua maior oscilação pode ser devida a mecanismos de controle perceptual supraespinal menos eficientes e organização sensorial central prejudicada (*rambling*) e/ou uma recalibração menos eficiente de modelos internos e controle de *feedback* periférico (*trembling*) (SPEEDTSBERG et al., 2017). Hipotetiza-se que as crianças com TDC apresentarão trajetórias maiores de *rambling/trembling* em comparação com as crianças com DT. No entanto, surge a questão de saber se os dados estruturais ou globais podem discriminar melhor as crianças com TDC das crianças com DT e se esses resultados medem o mesmo construto que os testes clínicos.

Este estudo teve como objetivo explorar quais descritores globais ou estruturais da trajetória do CoP discriminaram melhor o comportamento de oscilação durante o

apoio unipodal entre crianças com TDC e com DT. O grau aceitável de discriminação é operacionalizado por um tamanho de efeito superior a 0,80 (COHEN, 1988) das diferenças entre crianças com e sem TDC. Em seguida, examinamos a relação entre os descritores do deslocamento do CoP e o desempenho em tarefas clínicas de equilíbrio unipodal. A magnitude do R² (coeficiente de determinação) entre tarefas clínicas na mesma postura e os descritores da plataforma de força de 0,25 foram considerados suficientes (NIKOLOPOULOU, 2022).

Métodos

Participantes

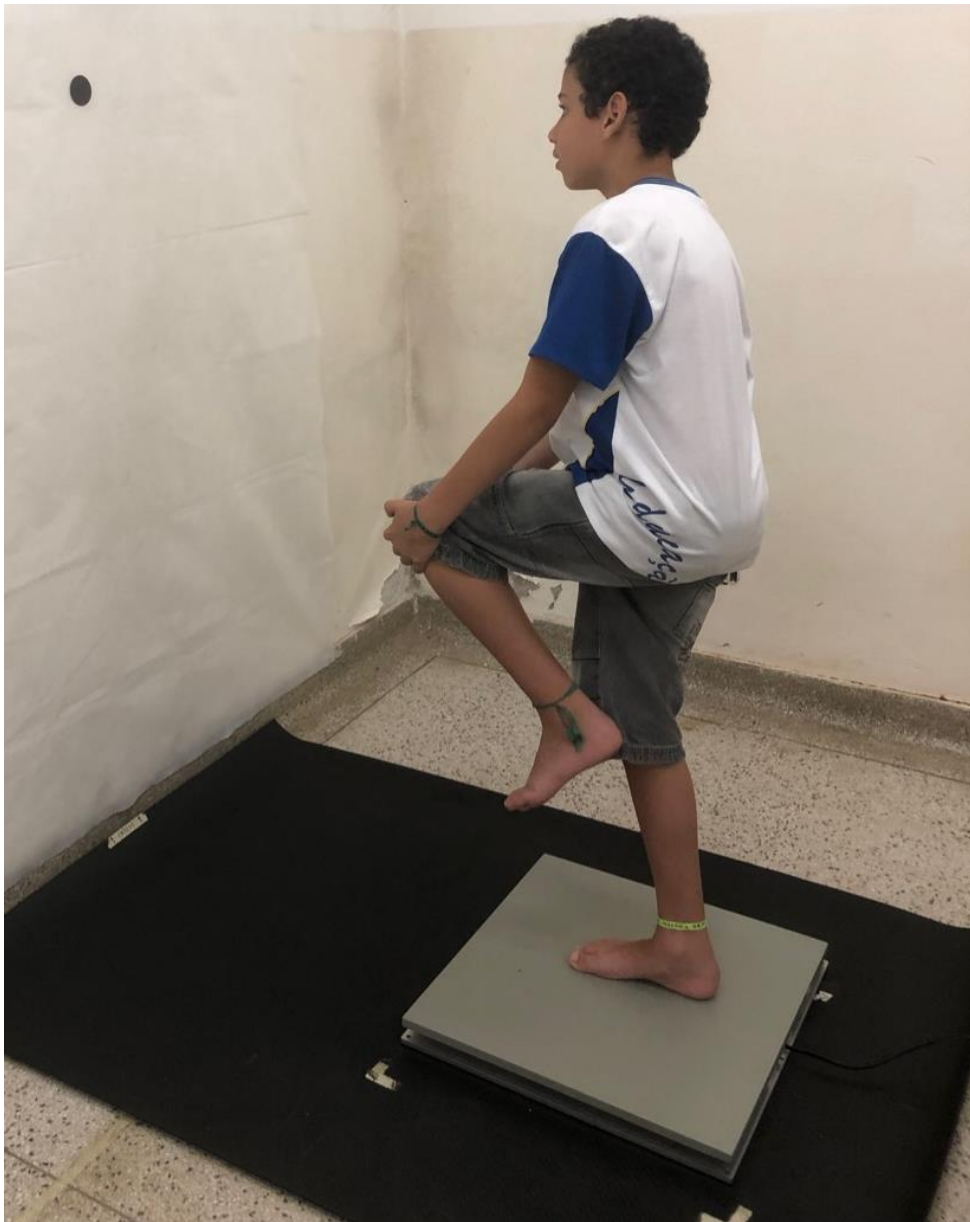
Trinta crianças entre 7 e 10 anos de idade de escolas públicas de São Carlos, Brasil, participaram deste estudo transversal. Quinze crianças foram classificadas como TDC e 15 crianças como DT. As crianças com TDC tiveram um escore padrão total no MABC-2 \leq 16º percentil (HENDERSON; SUGDEN; BARNETT, 2007; SMITS-ENGELSMAN et al., 2015) e as crianças com desenvolvimento típico (DT) pontuaram dentro da performance adequada para a idade.

Instrumentos

Posturografia

A postura de apoio unipodal foi realizada em uma PF de 50 x 50 cm (*Advance Mechanical Technology Inc. – AMTI*). A criança ficava em pé (descalça) em uma perna com as mãos ligadas entre si com os cotovelos esticados para segurar o joelho flexionado da perna não apoiada, sem qualquer contato com a outra perna. A criança era instruída a ficar o mais imóvel possível e olhar para um ponto preto estacionário (5 cm de diâmetro) ao nível dos olhos sobre um fundo branco (distância de 1,0 metro) (Figura 1). Duas tentativas de 10 segundos separados por 10 segundos de repouso foram realizadas em cada perna, a ordem de partida foi randomizada. A gravação começava depois que a criança estava em uma posição estável. Em caso de perda de equilíbrio, a gravação era interrompida e a tentativa era repetida.

Figura 1. Criança sobre a plataforma de força, em apoio unipodal com olhos abertos olhando para o ponto preto fixo na parede.



Fonte: Imagem realizada pelos autores e autorizada pelo responsável e pela criança.

Análise do sinal: Os dados da PF foram registrados na frequência de 200 Hz e filtrados por meio de um filtro de *Butterworth* de lag zero de 2ª ordem, com frequência de corte de 12,5 Hz. Descritores globais e estruturais foram utilizados nas direções anteroposterior (AP) e médio lateral (ML).

Os descritores globais foram: a) *Root Mean Square* (RMS), que foi calculado subtraindo a posição média do sinal original (usando uma operação de *de-trending*) e, em seguida, calculando-se o desvio padrão das trajetórias do CoP nas direções AP e ML (em centímetros); b) *Velocidade* (VEL), que é a velocidade média do

deslocamento do CoP nas direções AP e ML (em centímetros por segundo); c) Comprimento do deslocamento, que se refere ao comprimento total da trajetória do CoP, e foi calculado pela soma das distâncias entre pontos consecutivos do CoP (em centímetros) (PRIETO et al., 1996).

Os descritores estruturais foram obtidos a partir da análise do *rambling-trembling*. Para isso, o método de decomposição do CoP foi empregado de acordo com os procedimentos descritos por Zatsiorsky & Duarte (1999). Os descritores selecionados foram: a) RMS da trajetória do *rambling* (sendo *rambling* a migração do ponto de referência, ou seja, a relação de um ponto de equilíbrio e o ponto do corpo); b) RMS da trajetória do *trembling* (sendo *trembling* a oscilação do CoP para retornar ao ponto de referência central) (FERRONATO; BARELA, 2011); c) Razão do *rambling*, que quantifica a contribuição do *rambling* para o comprimento total da oscilação (RMS-*rambling*/CoP Total) (SPEEDTSBERG et al., 2017); e d) Número de pontos de equilíbrio instantâneos (NIEP), que corresponde ao número de instantes em que as forças horizontais aplicadas na plataforma foram iguais a zero ($SF_{hor} = 0$) (ZATSIORSKY; DUARTE, 1999). Todos os dados foram processados usando um código Matlab personalizado.

Yoga-stance – jogo do Wii Fit

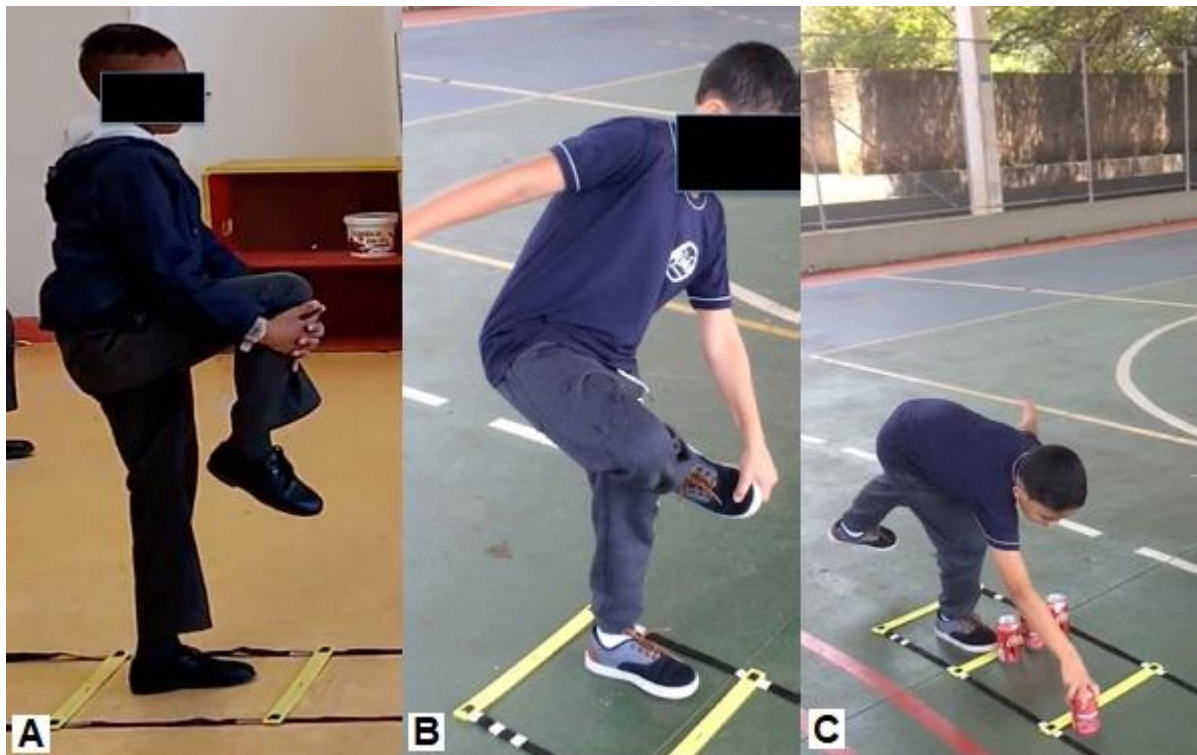
A calibração e o procedimento padrão para familiarizar a criança com o equipamento do *Wii-Fit Balance Board* (WBB) (*Nintendo Wii Fit*) foram realizados individualmente. A criança permanece descalça na WBB na posição unipodal (semelhante à descrita no item da posturografia). O instrutor na tela demonstra todos os movimentos e motiva a criança a ficar parada, e a representação e os deslocamentos do CoP são mostrados na tela como um ponto vermelho (em movimento) dentro de uma área amarela (ver figura 2 do Estudo I). O número de segundos (máximo de 30 segundos) e a manutenção da pose detectada pelo software são convertidos em uma pontuação (máximo de 50 pontos). Foram realizadas duas tentativas para cada perna, considerou-se o melhor score de cada perna e utilizou-se os valores médios entre a perna direita e a perna esquerda para as análises.

Performance and Fitness (PERF-FIT) battery

Os três itens estáticos da bateria *PERformance and FITness* (PERF-FIT) foram utilizados para este estudo (SMITS-ENGELSMAN, 2018; SMITS-ENGELSMAN et al.,

2020): 1. 'Hug-Knee' a posição é idêntica à posição do Yoga-stance do *Wii Fit* (Figura 2A); 2. 'Touch-Toe' a criança deve permanecer em pé sobre uma perna e agarrar o pé livre com a mão oposta (Figura 2B); 3. 'Move-Can' a criança deve permanecer em uma perna e inclinar-se para a frente para agarrar a lata no chão e mudar sua localização, após isso deve retornar à posição vertical e repete o movimento para mover todas as quatro latas (Figura 2C). A criança era instruída a realizar os movimentos necessários sem perder o equilíbrio. O número de segundos (itens 1 e 2) e o número de latas reposicionadas com sucesso (item 3) foram utilizados para as análises.

Figura 2. Crianças realizando as posições *Hug Knee* (2A), *Touch-toe* (2B) e *Move-can* (2C).



Fonte: 2A foi retirada do Manual do *Performance and Fitness* (PERF-FIT) Version 2.0 (SMITS-ENGELSMAN, 2018), 2B e 2C foram realizadas pelos autores e autorizadas pelos responsáveis e pelas crianças.

Movement Assessment Battery for Children-second edition (MABC-2)

O escore total do MABC-2 foi utilizado para confirmar o nível de habilidades motoras e de equilíbrio (HENDERSON; SUGDEN; BARNETT, 2007). Neste estudo foi utilizado a banda 2 para crianças de 7-10 anos. O MABC-2 apresenta boa

confiabilidade teste-reteste ($r = 0,75$) e é considerado padrão ouro para avaliar problemas motores relacionados ao TDC (HENDERSON; SUGDEN; BARNETT, 2007; SMITS-ENGELSMAN et al., 2015). Os escores brutos dos três componentes (Destreza Manual, Alvo e precisão e Equilíbrio) foram convertidos em *Total standard score* (TSS). O TSS indica 'faixa normal' com valores acima do 7 percentil, 'em risco de problemas motores' com valores do 6 ao 7 percentil e um problema motor significativo igual ou abaixo do 5 percentil (HENDERSON; SUGDEN; BARNETT, 2007). Para a relação com os descritores do deslocamento do CoP foi utilizado o item de equilíbrio estático com apoio unipodal (*Wobble board*) (Figura 3). A criança foi instruída a manter o equilíbrio na prancha por no máximo 30 segundos. A criança tinha duas tentativas em cada perna, o melhor tempo era utilizado para a análise.

Figura 3. Criança sobre o *Wobble Board*, em apoio unipodal.



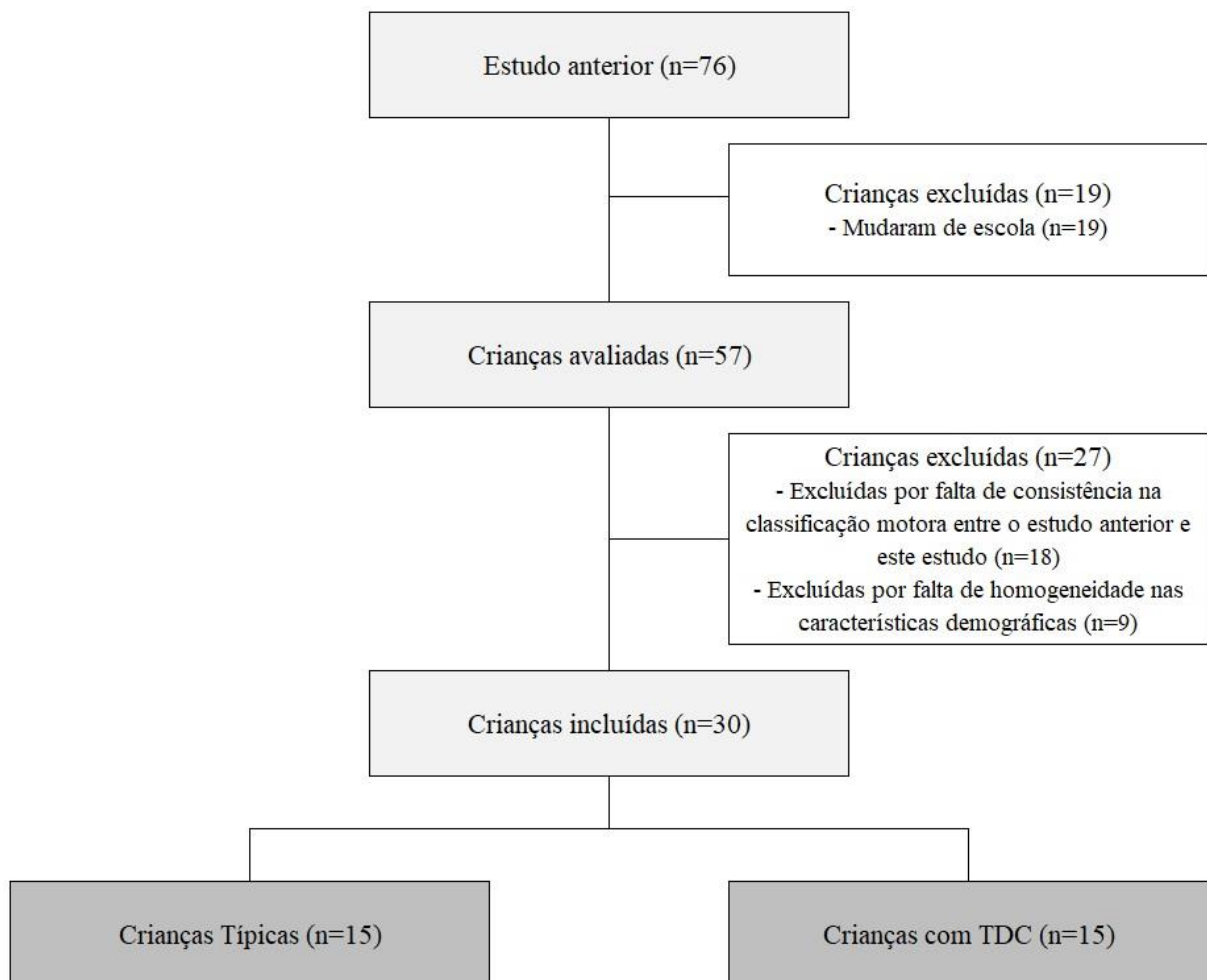
Fonte: Imagem realizada pelos autores e autorizada pelo responsável e pela criança.

Procedimento

As crianças do nosso estudo anterior foram convidadas a participar quatro meses após o término do projeto. Cinquenta e sete crianças puderam ser encontradas

nas escolas e 30 crianças foram incluídas neste estudo. Os detalhes do processo de recrutamento estão descritos na Figura 4. Todas as crianças (DT e TDC) foram retestadas pelo MABC-2 para controle para a classificação de TDC com base no *Diagnostic Manual of Mental Disorders 5 ed.* (DSM-5) (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013) e critérios para DT. As tarefas de equilíbrio com apoio unipodal (posturografia, *Yoga-stance*, itens do PERF-FIT, item do MABC-2), foram realizados em até duas semanas em salas específicas para este projeto dentro de cada escola. A ordem das avaliações, bem como a sequência das pernas, foi randomizada. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (número do processo 89993118800005504) (Anexo 1). Também foi autorizado pela Diretoria de Ensino e pelos diretores das duas escolas participantes deste projeto, e autorizados por pais/responsáveis e crianças.

Figura 4. Fluxograma do estudo



TDC: Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação
Fonte: Elaborado pela própria autora.

Análises

Os dados mostraram que não houve perna dominante consistente para a maioria das crianças. Além disso, o teste de *Wilcoxon* não demonstrou diferenças entre a perna direita e a perna esquerda nos descritores da PF ou nas tarefas clínicas ($p > 0.05$). Assim, as médias da perna direita e esquerda foram utilizadas na análise. Os dados da PF apresentaram distribuição normal, mas as variáveis clínicas não. Dado o pequeno tamanho da amostra, o teste U de *Mann-Whitney* (MWU-test) foi utilizado para analisar as diferenças entre os grupos TDC e DT em todas as variáveis. Os coeficientes de correlações de *Spearman* foram calculados para analisar a associação entre os descritores da PF e as tarefas clínicas. Dado o grande número de comparações, pode-se optar por diminuir o risco de erro tipo 1, reduzindo o alfa. Por se tratar de um estudo exploratório para determinar quais descritores de PF apresentam fortes diferenças entre os grupos e apresentam boas associações com desfechos clínicos, os erros do tipo 2 também devem ser considerados. Portanto, tanto os valores de p quanto os d de Cohen ou os tamanhos dos coeficientes de determinação (R^2) são relatados para indicar importância clínica. Para obter o Cohen' d dos valores do teste não paramétrico, usamos a fórmula fornecida no site <http://www.psychometrica.de/effektstaerke.html#cohenb>. O d de Cohen foi classificado como: nenhum efeito (0,00-0,19), pequeno efeito (0,20-0,49), moderado efeito (0,50-0,79) e grande efeito (0,80- $\geq 1,0$) (COHEN, 1988). As análises estatísticas foram realizadas no Statistical Package for Social Sciences (SPSS Inc., version 28).

Resultados

Quinze crianças com TDC (sete meninas; oito meninos, idade 8.33 ± 0.82 anos; IMC de 17.94 ± 4.06) e quinze crianças com DT (sete meninas; oito meninos; idade 8.73 ± 0.59 anos; IMC 16.53 ± 2.33 .) participaram deste estudo. Ambos os grupos foram diferentes no desempenho motor no *Total Standard Score* (TDC 5.13 ± 1.36 ; DT 11.33 ± 1.54 ; $p < 0.001$), mas idade ($p = 0.071$) e IMC ($p = 0.576$) não foram significativamente diferentes.

Comparação entre grupos

A Tabela 1 apresenta a discriminação dos descritores da PF entre crianças com TDC e crianças com DT. Os dados mostraram diferenças consistentes, com grandes tamanhos de efeito (d de Cohen $> 0,80$) entre os grupos no descritor global (RMS) e

no descritor estrutural (*RMS-rambling*) em ambas as direções. Os descritores globais (VEL e comprimento do deslocamento) e estruturais (*RMS-Trembling*) foram menos consistentes, diferindo com grandes tamanhos de efeito apenas na direção AP. Os descritores estruturais (*Razão-Rambling* e NIEP) não diferiram entre os grupos. As diferenças entre os grupos apontavam para mais deslocamentos nas crianças com TDC.

Tabela 1. Média, desvio padrão, mediana, intervalo, valor de *U*, valor de *p*, *d* de Cohen dos descritores da plataforma de força. Os tamanhos de efeito que atendem ao grau de discriminação exigido estão impressos em negrito.

Direção	Variável	TDC (n=15)		DT (n=15)		Valor de <i>U</i>	Valor de <i>p</i>	<i>d</i> de Cohen
		Média±DP	Mediana [intervalo]	Média±DP	Mediana [intervalo]			
AP	RMS	1,09±0,25	1,08 [0,61-1,54]	0,80±0,26	0,76 [0,34-1,27]	176,000	0,008**	1,10
	VEL	5,78±1,37	5,76 [3,30-7,78]	3,95±1,09	4,25 [1,75-5,49]	189,000	0,002**	1,42
	Comprimento do deslocamento	51,29±14,30	55,57 [27,81-72,66]	37,86±11,00	36,85 [17,54-54,85]	171,000	0,015*	0,99
	RMS-Rambling	8,00±1,78	8,35 [4,70-10,34]	5,81±2,19	5,48 [2,56-11,23]	177,000	0,007**	1,12
	RMS-Trembling	5,84±1,66	6,08 [2,58-8,00]	4,16±1,61	3,62 [1,66-7,46]	171,000	0,015*	0,99
	Razão-Rambling	0,58±0,05	0,58 [0,47-0,66]	0,58±0,06	0,60 [0,44-0,64]	102,000	0,663	0,16
	NIEP	5,07±0,66	5,23 [4,05-6,08]	5,18±0,93	5,26 [3,54-6,83]	102,000	0,663	0,16
ML	RMS	0,81±0,13	0,83 [0,63-1,03]	0,66±0,17	0,70 [0,34-0,90]	171,000	0,015*	0,99
	VEL	4,56±1,11	4,72 [2,88-7,34]	3,82±0,97	3,81 [1,36-5,19]	156,000	0,071	0,70
	Comprimento do deslocamento	41,24±11,34	39,12 [18,10-62,92]	36,83±10,57	37,54 [13,59-51,92]	135,000	0,351	0,35
	RMS-Rambling	6,22±1,35	6,39 [4,59-9,07]	4,97±1,53	5,05 [2,84-7,84]	166,000	0,026*	0,89
	RMS-Trembling	4,00±1,23	3,86 [2,15-6,40]	3,77±1,71	3,50 [1,07-7,45]	129,000	0,494	0,25
	Razão-Rambling	0,61±0,07	0,62 [0,49-0,76]	0,58±0,07	0,57 [0,50-0,73]	146,000	0,165	0,53
	NIEP	5,57±0,76	5,68 [4,43-7,20]	5,61±1,01	5,53 [3,16-7,55]	101,000	0,633	0,18

Abreviações: TDC: Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. DT: Crianças com desenvolvimento típico. AP: Direção anteroposterior. ML: Direção Médiolateral. RMS: Root Mean Square. VEL: Velocidade. NIEP: Número Pontos de Equilíbrio Instantâneos.

*Diferença significativa $p < 0,05$.

** Diferença significativa $p < 0,01$.

Das cinco tarefas clínicas, o teste MWU mostrou diferenças significativas no desempenho entre os grupos TDC e DT no *Yoga-Stance*, *Move-Can* e *Wobble board*, com grandes tamanhos de efeito (d de Cohen $>0,80$) e para *Hug-Knee* um efeito moderado. Para *Touch-Toe*, nenhuma diferença significativa foi encontrada. Todos os valores das tarefas clínicas foram melhores em crianças com DT do que em crianças com TDC (Ver Tabela 2).

Tabela 2. Média, desvio padrão, mediana, intervalo, valor de U , valor de p e tamanhos de efeito d de tarefas clínicas. Os tamanhos de efeito que atendem ao grau de discriminação exigido são impressos em negrito.

Variável	TDC (n=15)		DT (n=15)		Valor de U	Valor de p	d de Cohen
	Média±DP	Mediana [intervalo]	Média±DP	Mediana [intervalo]			
Yoga-stance (pontos)	28,93±13,95	33,00 [0,00-45,50]	42,90±6,05	44,50 [29,50-50,00]	36,500	0,002**	1,41
Hug-Knee (s)	16,50±3,65	16,50 [9,50-20,00]	19,20±1,46	20,00 [15,50-20,00]	67,500	0,035*	0,73
Move-Can#	2,93±2,12	3,50 [0,00-7,00]	5,63±1,68	5,50 [2,00-8,00]	32,000	0,001**	1,54
Touch-Toe (s)	17,73±3,39	20,00 [8,00-20,00]	19,10±1,66	20,00 [15,50-20,00]	88,000	0,239	0,38
Wobble board (s)##	11,03±6,90	9,50 [3,00-29,00]	25,07±6,18	27,50 [9,50-30,00]	16,500	<0,001**	2,12

Abreviações: TDC: Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. DT: Crianças com desenvolvimento típico. DP: desvio padrão. s: segundos.

A pontuação é baseada em quantas latas a criança pode alcançar na postura unipodal sem perder o equilíbrio.

Note que as crianças foram selecionadas com base na pontuação ruim de equilíbrio no MABC-2.

* Diferença significativa $p < 0,05$.

** Diferença significativa $p < 0,01$.

Correlações entre os dados da plataforma de força e as tarefas clínicas

Excursões de oscilação em maior número e mais rápidas, e menor número de pontos de equilíbrio instantâneo (NIEP) estão associados a resultados de tarefas clínicas piores. A Tabela 3 apresenta os coeficientes de determinação entre os resultados da plataforma de força e as tarefas clínicas. As associações significativas mais fortes foram encontradas entre o *Yoga-stance*, *Wobble board* e os descritores globais (RMS, VEL) e estruturais (*RMS-Rambling*, *RMS-Trembling* e NIEP) na direção AP, com coeficientes de determinação (R^2) acima de 25 %. Coeficientes de determinação significativos e altos foram encontrados entre os resultados *RMS-Rambling* e *Yoga-stance*, *Hug-Knee* e *Move-Can* na direção ML.

Tabela 3. Coeficiente de determinação (CD) baseado na correlação entre as variáveis da plataforma de força e tarefas clínicas. As duas primeiras colunas representam dados das tarefas clínicas com a posição idêntica ao apoio unipodal da plataforma de força e as três últimas são tarefas de apoio unipodal diferentes. Coeficiente de determinação que atendem às associações significativas são impressas em negrito.

Direção	Variáveis	CD Yoga- stance	CD Hug- Knee	CD Move-Can	CD Touch-Toe	CD Wobble board #
AP	RMS	0,44**	0,25**	0,20*	0,11	0,32**
	VEL	0,37**	0,26**	0,25**	0,05	0,45**
	Comprimento do deslocamento	0,12	0,07	0,10	0,01	0,26**
	RMS- Rambling	0,37**	0,18*	0,16*	0,09	0,30**
	RMS- Trembling	0,49**	0,29**	0,25**	0,18*	0,38**
	Rambling- Ratio	0,07	0,06	0,04	0,04	0,03
	NIEP	-0,34**	-0,28**	-0,12	-0,12	-0,02
ML	RMS	0,36**	0,17*	0,16*	0,02	0,18*
	VEL	0,11	0,04	0,04	0,03	0,20*
	Comprimento do deslocamento	0,02	0,00	0,00	0,06	0,11
	RMS- Rambling	0,40**	0,31**	0,24**	0,08	0,18*
	RMS- Trembling	0,14*	0,10	0,05	0,00	0,06
	Ratio	0,02	0,01	0,05	0,11	0,01
	NIEP	-0,18*	-0,23**	-0,05	-0,03	-0,01

Abreviações: TDC: Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. DT: Crianças com desenvolvimento típico. AP: Direção anteroposterior. ML: Direção Médio lateral. RMS: *Root Mean Square*. VEL: Velocidade. NIEP: Número Pontos de Equilíbrio Instantâneos. CD: Coeficiente de determinação (Correlações de variância explicadas), η^2 Variância explicada da diferença entre TDC/DT

** Significativo no nível 0,01 (*2-tailed*),

*Significativo no nível 0,05 (*2-tailed*),

#Observe que as crianças foram selecionadas com base na pontuação de equilíbrio ruim no MABC-2.

Discussão

O desempenho do apoio unipodal de crianças com TDC e DT foi analisado por descritores globais e estruturais e tarefas clínicas em um estudo exploratório. Como esperado, as crianças com TDC demonstraram pior desempenho no apoio unipodal do que as crianças com DT. Descritores globais (RMS em ambas as direções e VEL na direção AP) e estruturais (*RMS-rambling* e *RMS-trembling* na direção AP) parecem

discriminar melhor os grupos TDC e DT, com grandes tamanhos de efeito. O desempenho do *Yoga-stance*, *Hug-Knee* e *Wobble board* apresentam relações mais fortes com os resultados da PF, especificamente na direção AP. VEL (descritor global) e *RMS-Trembling* (descritor estrutural) foram fortemente relacionados ao *Yoga-Stance*, *Hug-Knee*, *Move-Can* e *Wobble board* na direção AP, enquanto *RMS-Rambling* foi significativamente relacionado a esses testes na direção ML, mas em menor grau.

Excursões maiores do CoP durante o desempenho do apoio unipodal foram encontradas em crianças com TDC comparadas com crianças com DT suportando os achados anteriores na literatura (GEUZE, 2003; JELSMA et al., 2016; TSAI; WU, 2008; TSAI; WU; HUANG, 2008; VERBECQUE et al., 2021a). Os descritores globais, em ambas as direções, discriminaram mais consistentemente as diferenças entre as crianças com TDC e as crianças com DT. Dos descritores globais, RMS, VEL e Comprimento do deslocamento apresentaram especificamente diferenças entre os grupos na direção AP, apontando que o comportamento da oscilação das crianças com TDC é maior na direção AP e está presente, mas em menor grau, na direção ML. De acordo com nossa hipótese, as crianças com TDC apresentaram aumento do *RMS-rambling*, indicando que podem ser mais lentas na atualização de informações sensoriais por um mecanismo de controle perceptual supraespinal menos eficiente (SPEEDTSEBERG et al., 2017). Da mesma forma, o *RMS-trembling* diferiu entre os grupos, podendo indicar uma adaptação menos eficiente ao feedback periférico para controlar o equilíbrio (SPEEDTSEBERG et al., 2017). Essas diferenças foram maiores na direção AP, enquanto na direção ML apenas o *RMS-rambling* teve um grande tamanho de efeito. Assim, é necessário cautela ao dizer que os descritores estruturais discriminam as crianças com TDC e DT porque parece haver uma dependência direcional. Essa diferença de achados entre as direções pode ser causada pelo fato de que as variações da oscilação do CoP no apoio bipodal e unipodal são mais especificamente na direção AP (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2007).

Nas tarefas clínicas, as crianças com TDC tiveram pontuações mais baixas em comparação com as crianças com DT, o que condiz com os resultados de estudos anteriores (JELSMA et al., 2016, 2022; SMITS-ENGELSMAN et al., 2020, 2015). Nossos resultados confirmaram que posições de tarefas clínicas idênticas (*Yoga-stance* e *Hug-Knee*) àquelas usadas no PF estão fortemente relacionadas. Embora as posições e restrições das tarefas fossem as mesmas, os resultados medidos eram

diferentes. Durante a tarefa do *Yoga-stance*, as crianças receberam feedback aumentado sobre seu equilíbrio, representado como um ponto vermelho em movimento na tela. Além disso, o *Wii balance board* mediu não apenas o tempo, mas também o comportamento da oscilação, que foi integrado na pontuação e, aparentemente, corresponde melhor aos descritores globais (RMS, VEL) e estruturais (*RMS-Rambling*, *RMS-Trembling*, NIEP) na direção AP. A tarefa *Hug-Knee* diferiu da tarefa da PF, já que as crianças não foram instruídas a se concentrar em um ponto de fixação e só podiam confiar no feedback interno de seu equilíbrio. O desempenho do *Hug-Knee*, com resultados em segundos, relaciona-se fortemente com o RMS, VEL e *RMS-Trembling* na direção AP. Esses achados corroboram com uma forte relação encontrada no estudo de Shim et al. (2022) na direção AP entre os escores da *Pediatric Balance Scale* (PBS) e os parâmetros do CoP. A articulação do tornozelo é articulada para se mover para frente e para trás, assim estas são usadas principalmente nessa direção para manter o equilíbrio durante o apoio bipodal (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2007) e o apoio unipodal (VAN DIEËN; VAN LEEUWEN; FABER, 2015). Aparentemente, os deslocamentos na direção AP apresentam muito mais variação do que na direção ML. O item *Wobble board* apesar de não ser uma posição idêntica a utilizada na PF também teve forte relação. Nesta tarefa é necessário que a criança realize uma correção rápida ao desequilíbrio quando a prancha se inclina, o que provavelmente explica a maior relação com a VEL. Isso corrobora com os resultados de outros estudos, como Hao et al. (2021) e Xiao et al. (2020), sugerindo que a VEL é uma medida específica para avaliar o equilíbrio unipodal principalmente em superfícies mais complexas.

Dada a especificidade da tarefa de equilíbrio, esperava-se que a associação entre os itens avaliados em diferentes posturas fosse menor (VERBECQUE et al., 2021b), o que se confirmou. As relações entre as tarefas clínicas e as derivadas do CoP demonstraram validade convergente para os descritores globais. Na direção AP, apenas o descritor estrutural *RMS-Trembling* mostrou uma forte correlação com todos os quatro resultados das tarefas clínicas. Aparentemente, o *RMS-trembling*, que se supõe representar uma discrepância entre o planejamento motor e o desempenho real corrigido por contrações musculares e/ou movimentos articulares, explicou a maior porcentagem de variabilidade entre crianças com DT e crianças com TDC. Isso pode oferecer uma medida interessante para usar em estudos futuros destinados a documentar os déficits do modelo interno em crianças (WILSON et al., 2013).

Conclusão

Crianças com TDC desequilibram mais e pontuam menos nos testes clínicos em apoio unipodal do que crianças com DT. Os descritores globais na direção AP (RMS, VEL) parecem diferenciar melhor o comportamento das crianças com TDC e DT, e estão fortemente relacionados com as tarefas clínicas. Dos descritores estruturais, o *RMS-Trembling* na direção AP pode ser o melhor indicador, representando as forças corretoriais que se relacionam com os resultados das tarefas clínicas.

Referências

- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders**. 5 ed, 2013.
- COHEN, J.. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. 2^a ed. 1988.
- DE KEGEL, A.; DHOOGHE, I.; PEERSMAN, W.; RIJCKAERT, J.; BAETENS, T.; CAMBIER, D.; VAN WAELVELDE, H. Construct validity of the assessment of balance in children who are developing typically and in children with hearing impairments. **Physical Therapy**, v. 90, n. 12, p. 1783–1794, 2010.
- DEWAR, R. M.; TUCKER, K.; CLAUS, A. P.; VAN DEN HOORN, W.; WARE, R. S.; JOHNSTON, L. M. Evaluating validity of the Kids-Balance Evaluation Systems Test (Kids-BESTest) Clinical Test of Sensory Integration of Balance (CTSIB) criteria to categorise stance postural control of ambulant children with CP. **Disability and Rehabilitation**, v. 44, n. 15, p. 4039–4046, 2022.
- FERRONATO, P. A. M.; BARELA, J. A. Age-related changes in postural control: Rambling and trembling trajectories. **Motor Control**, v. 15, p. 481–493, 2011.
- FORSETH, A. K.; SIGMUNDSSON, H. Static balance in children with hand – eye coordination problems. **Child: Care, Health and Development**, v. 29, p. 569–579, 2003.
- GEUZE, R. H. Static balance and developmental coordination disorder. **Human Movement Science**, v. 22, n. 4–5, p. 527–548, 2003.
- HAO, Z.; YANG, Y.; HUA, A.; GAO, Y.; WANG, J. Age-Related Changes in Standing Balance in Preschoolers Using Traditional and Nonlinear Methods. **Frontiers in Physiology**, v. 12, p. 625553, 2021.
- HENDERSON, S. E.; SUGDEN, D. A.; BARNETT, A. L. Movement Assessment Battery for Children. In: **London: Psychological Corporation**. 2007.
- JELSMA, L. D.; CAVALCANTE NETO, J. L.; SMITS-ENGELSMAN, B.; DRAGHI, T.

T. G.; ROHR, L. A.; TUDELLA, E. Type of active video-games training does not impact the effect on balance and agility in children with and without developmental coordination disorder: A randomized comparator-controlled trial. **Applied Neuropsychology: Child**, v. 30, p. 1–10, 2022.

JELSMA, L. D.; SMITS-ENGELSMAN, B. C. M.; KRIJNEN, W. P.; GEUZE, R. H. Changes in dynamic balance control over time in children with and without Developmental Coordination Disorder. **Human Movement Science**, v. 49, p. 148–159, 2016.

NIKOLOPOULOU, K. **What Is Convergent Validity? Definition & Examples**. 2022. Disponível em: <<https://www.scribbr.com/methodology/convergent-validity/>>.

PRIETO, T. E.; MYKLEBUST, J. B.; HOFFMANN, R. G.; LOVETT, E. G.; MYKLEBUST, B. M. Measures of postural steadiness: Differences between healthy young and elderly adults. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 43, n. 9, p. 956–966, 1996.

PRZYSUCHA, E. P.; TAYLOR, M. J. Control of Stance and Developmental Coordination Disorder : The Role of Visual Information. **Adapted Physical Activity Quarterly**, v. 21, p. 19–33, 2004.

SHIM, D.; PARK, D.; YOO, B.; CHOI, J. on; HONG, J.; CHOI, T. Y.; PARK, E. S.; RHA, D. wook. Evaluation of sitting and standing postural balance in cerebral palsy by center-of-pressure measurement using force plates: comparison with clinical measurements. **Gait and Posture**, v. 92, p. 110–115, 2022.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Motor control: Translating Research Into Clinical Practice**. 3 ed ed. Philadelphia: PA: Lippincott Williams and Wilkins, 2007.

SMITS-ENGELSMAN, B. **PERFormance and FITness battery for children: PERF-FIT, manual**. 2018.

SMITS-ENGELSMAN, B. C. M.; SCHOEMAKER, M.; DELABASTITA, T.; HOSKENS, J.; GEUZE, R. Diagnostic criteria for DCD : Past and future. **HUMAN MOVEMENT SCIENCE**, v. 42, p. 293–306, 2015.

SMITS-ENGELSMAN, B.; CAVALCANTE NETO, J. L.; DRAGHI, T. T. G.; ROHR, L. A.; JELSMA, D. Construct validity of the PERF-FIT, a test of motor skill-related fitness for children in low resource areas. **Research in Developmental Disabilities**, v. 102, p. 103663, 2020.

SPEEDTSBERG, M. B.; CHRISTENSEN, S. B.; ANDERSEN, K. K.; BENCKE, J.; JENSEN, B. R.; CURTIS, D. J. Impaired postural control in children with developmental coordination disorder is related to less efficient central as well as peripheral control. **Gait and Posture**, v. 51, p. 1–6, 2017.

TSAI, C. L.; WU, S. K. Relationship of visual perceptual deficit and motor impairment in children with developmental coordination disorder. **Perceptual and Motor Skills**,

v. 107, p. 457–472, 2008.

TSAI, C.; WU, S. K.; HUANG, C.-H. Static balance in children with developmental coordination disorder. **Human movement science**, v. 27, p. 142–153, 2008.

VAN DIEËN, J. H.; VAN LEEUWEN, M.; FABER, G. S. Learning to balance on one leg: Motor strategy and sensory weighting. **Journal of Neurophysiology**, v. 114, p. 2967–2982, 2015.

VERBECQUE, E.; JOHNSON, C.; RAMECKERS, E.; THIJS, A.; VEER, I. Van der; MEYNS, P.; SMITS-ENGELSMAN, B.; KLINGELS, K. Balance control in individuals with developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. **Gait and Posture** v. 83, p. 268–279, 2021. a.

VERBECQUE, E.; KLINGELS, K.; RAMECKERS, E.; FERGUSON, G.; SMITS-ENGELSMAN, B. The construct of balance control in primary school-aged children: Unidimensional and task-specific. **Human Movement Science**, v. 79, p. 102847, 2021. b.

WANN, J. P.; MON-WILLIAMS, M.; RUSHTON, K. Postural control and co-ordination disorders : The swinging room revisited. **Human movement science**, v. 17, p. 491–513, 1998.

WILSON, P. H.; RUDDOCK, S.; SMITS-ENGELSMAN, B.; POLATAJKO, H.; BLANK, R. Understanding performance deficits in developmental coordination disorder : a meta-analysis of recent research. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 55, p. 217–228, 2013.

XIAO, S.; WANG, B.; ZHANG, X.; ZHOU, J.; FU, W. Acute effects of high-definition transcranial direct current stimulation on foot muscle strength, passive ankle kinesthesia, and static balance: A pilot study. **Brain Sciences**, v. 10, p. 246, 2020.

ZATSIORSKY, V. M.; DUARTE, M. Instant equilibrium point and its migration in standing tasks: rambling and trembling components of the stabilogram. **Motor Control**, v. 3, p. 28–38, 1999.

5 CONCLUSÃO GERAL

Embora não sejam conduzidos muitos estudos de intervenção neste grupo de interesse, medir o equilíbrio e o comportamento da oscilação postural e acompanhar tais habilidades após quatro meses é ainda mais singular. Este é o primeiro estudo que avaliou o equilíbrio de crianças com (n=36) e sem (n=40) TDC, não apenas em testes clínicos, mas também em uma plataforma de força usando oscilação postural com um design misto de visão (olhos abertos/olhos fechados), superfície (rígida/macia) e apoio (bipodal/semi-tandem) antes e após o treino com AVG (*Wii Fit* e *Xbox Kinect*) e quatro meses depois (*follow up*).

O Estudo I demonstrou que o equilíbrio das crianças melhorou nas medidas clínicas após o treinamento em ambos os grupos de crianças, o que foi independente do AVG utilizado, e esse efeito ainda estava presente após quatro meses. O treinamento com AVGs não influenciou o comportamento geral da oscilação postural, mas foi capaz de modificar a oscilação na condição de olhos abertos, que corresponde às demandas da tarefa treinada. No geral, as crianças com TDC e crianças com DT responderam de forma comparável ao treinamento com AVG, mantendo assim um *gap* no desempenho do equilíbrio entre os dois grupos. O aumento do deslocamento e da velocidade do CoP é um resultado interessante deste estudo. Enquanto alguns estudos apresentam menos oscilação como 'bom equilíbrio', agora sugerimos considerar que esse aumento pode representar mais flexibilidade e/ou graus de liberdade de movimentos. O treinamento pode ter proporcionado a oportunidade de experimentar o deslocamento em várias direções e velocidades, e isso pode ter proporcionado, especificamente em crianças com TDC, oportunidades de explorar seus limites de estabilidade. Como implicação clínica desse achado, pode ser que o treinamento com AVGs possa ter efeitos nos processos relacionados a um aumento nos graus de liberdade, indicando mais confiança no equilíbrio e, conseqüentemente, na execução de tarefas que exigem habilidade motora.

Em relação aos achados do Estudo II, que analisou o apoio unipodal, foi possível gerar algumas descobertas interessantes. Como esperado, as crianças com TDC tiveram desempenho pior nas tarefas de apoio unipodal dos testes clínicos e da PF, em comparação com seus pares. Essa diferença de comportamento entre os grupos foi evidenciada pelo tamanho de efeito grande, principalmente para as tarefas clínicas *Yoga-stance* (pontuação de uma tarefa do equipamento *Wii-Fit*), *Move-can* (item da bateria PERF-FIT) e equilíbrio unipodal (item do MABC-2). Além disso,

diferenças entre os grupos também foram encontradas pelos descritores globais (*Root Mean Square – RMS*, *Velocity – VEL* e comprimento do deslocamento), bem como pelos descritores estruturais (*RMS-rambling* e *RMS-trembling*) com tamanho de efeito grande na direção AP. As associações significativas entre a PF e as tarefas clínicas foram altas para posturas semelhantes, como *Yoga-stance* e *Hug-knee*, como esperávamos. As relações entre as tarefas clínicas e as derivadas do CoP demonstraram validade convergente para os descritores globais. Na direção AP, apenas o descritor estrutural *RMS-Trembling* (valores altos representam uma discrepância entre o planejamento motor e o desempenho real) mostrou uma forte correlação com todos os quatro resultados de tarefas clínicas. Esse achado corrobora para a evidência de que as crianças com TDC apresentam uma discrepância entre o planejamento motor e o desempenho real na posição unipodal. Este descritor estrutural pode ajudar estudos futuros a avaliar e monitorar melhor o déficit do modelo interno, e pode nos ajudar a desenvolver intervenções que abordem esse processo de desenvolvimento de planejamento motor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos estudos apresentados trazem dados importantes em relação ao equilíbrio bipodal e unipodal das crianças com TDC, contribuindo para o melhor entendimento da dinâmica do equilíbrio unipodal, descrevendo os descritores estruturais nesta posição (o que era escasso na literatura científica), e trazendo dados sobre a validade convergente entre a PF e os testes clínicos, principalmente para os descritores globais. Os estudos apresentados também puderam contribuir com novos achados sobre o treinamento por meio dos AVGs, podendo assim nortear os terapeutas, que podem então utilizar tanto o *Wii Fit* quanto o *Xbox Kinect* para promover os aprimoramentos das habilidades de equilíbrio e de controle postural das crianças com TDC. Salientamos que, de acordo com o objetivo terapêutico, devem ser selecionados os jogos que mais se aproximam da tarefa de equilíbrio desejada, pois pudemos perceber, por meio deste estudo, que os benefícios correspondem às demandas da tarefa treinada. Estes dados serão essenciais para ampliar a base científica disponível para os fisioterapeutas e demais profissionais da saúde e educação física, para que estes possam entender o comportamento postural e intervir, com base em evidência científica, o mais precocemente possível, para que o equilíbrio e o controle postural das crianças com TDC possam ser aprimorados. Desta forma, estas crianças podem ser melhor integradas nas atividades de vida diária, no brincar e nos esportes, proporcionando a elas maior funcionalidade, qualidade de vida e integração social. Para futuras pesquisas, sugerimos a continuidade de estudos do equilíbrio das crianças com TDC, de modo que agreguem mais ferramentas, como eletromiografia (EMG), análise cinética e cinemática do controle postural, para que os achados deste estudo possam ser ainda melhor compreendidos. Sugerimos também que sejam realizados treinamentos com AVGs por meio de jogos que treinem o apoio unipodal para trazer novos achados em relação a esta postura e este treino, assim como foi feito neste estudo, que acompanhou a posição bipodal.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. L. M.; MESQUITA, B. S.; MORAIS, W. S.; LEAL, J. C.; SATLER, C. E.; DOS SANTOS MENDES, F. A. Nintendo Wii™ Versus Xbox Kinect™ for Assisting People With Parkinson's Disease. **Perceptual and Motor Skills**, v. 125, n. 3, p. 546–565, 2018.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders**. 5 ed, 2013.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition, Text Revision - DSM-5-TR**. 5 ed text revision, 2022.
- AU, M. K.; CHAN, W. M.; LEE, L.; CHEN, T. M. K.; CHAU, R. M. W.; PANG, M. Y. C. Core stability exercise is as effective as task-oriented motor training in improving motor proficiency in children with developmental coordination disorder: A randomized controlled pilot study. **Clinical Rehabilitation**, v. 28, n. 10, p. 992–1003, 2014.
- BELTRAME, T. S.; CAPISTRANO, R.; ALEXANDRE, J. M.; LISBOA, T.; ANDRADE, R. D.; FELDEN, É. P. G. Prevalência Do Transtorno Do Desenvolvimento Da Coordenação Em Uma Amostra De Crianças Brasileiras. **Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar**, v. 25, n. 1, p. 105–113, 2017.
- BLANK, R.; BARNETT, A. L.; CAIRNEY, J.; GREEN, D.; KIRBY, A.; POLATAJKO, H.; ROSENBLUM, S.; SMITS-ENGELSMAN, B.; SUGDEN, D.; WILSON, P.; VINÇON, S. International clinical practice recommendations on the definition , diagnosis , assessment , intervention , and psychosocial aspects of developmental coordination disorder Coordinators. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 61, p. 242–285, 2019.
- BONNEY, E.; JELSMA, L. D.; FERGUSON, G. D.; BOUWIEN, C. Learning better by repetition or variation ? Is transfer at odds with task specific training ? **PLoS ONE**, v. 12, n. 3, p. 1–17, 2017.
- BONNEY, E.; RAMECKERS, E.; FERGUSON, G.; SMITS-ENGELSMAN, B. “Not just another Wii training”: a graded Wii protocol to increase physical fitness in adolescent girls with probable developmental coordination disorder-a pilot study. **BMC Pediatrics (2018)**, v. 18, n. 78, p. 1–13, 2018.
- CAÇOLA P, LAGE G. Developmental Coordination Disorder (DCD): An overview of the condition and research evidence. **Motriz**, v. 25, n. 2, p. e101923, 2019.
- CAVALCANTE NETO, J. L.; OLIVEIRA, C. C. De; GRECO, A. L.; ZAMUNÉR, A. R.; MOREIRA, R. C.; TUDELLA, E. Is virtual reality effective in improving the motor performance of children with developmental coordination disorder ? A systematic review. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 55, n. 2, p. 291–300, 2019.
- CHANG, Y. J.; CHEN, S. F.; HUANG, J. Da. A Kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities. **Research in Developmental Disabilities**, v. 32, p. 2566–2570, 2011.
- CHEN, F. C.; PAN, C. Y.; CHU, C. H.; TSAI, C. L.; TSENG, Y. T. Joint position sense of

lower extremities is impaired and correlated with balance function in children with developmental coordination disorder. **Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 52, p. 1–9, 2020.

CHENG, Y. T. Y.; WONG, T. K. S.; TSANG, W. W. N.; SCHOOLING, C. M.; FONG, S. S. M.; FONG, D. Y. T.; GAO, Y.; CHUNG, J. W. Y. Neuromuscular training for children with developmental coordination disorder: A randomized controlled trial. **Medicine**, v. 98, n. 45, p. e17946, 2019.

CHERNG, R. J.; HSU, Y. W.; CHEN, Y. J.; CHEN, J. Y. Standing balance of children with developmental coordination disorder under altered sensory conditions. **Human Movement Science**, v. 26, p. 913–926, 2007.

CLARK, J. E. Motor development. **Encyclopedia of human behavior**, v. 3, p. 245–255, 1994.

CLARK, J. E. On the Problem of Motor Skill Development. **JOPERD**, v. 78, n. 5, p. 39–44, 2007.

CLARK, J. E.; METCALFE, J. S. The mountain of motor development: A metaphor. In J. E. Clark & J. H. Humphrey (Eds.). **Motor development: Research and reviews**, v. 2, p. 163–190, 2002.

DRAGHI, T. T. G.; CAVALCANTE NETO, J. L.; ROHR, L. A.; JELSMA, L. D.; TUDELLA, E. Symptoms of anxiety and depression in children with developmental coordination disorder: a systematic review. **Jornal de Pediatria**, v.96, n. 1, p. 8-19, 2019.

DRAGHI, T. T. G.; CAVALCANTE NETO, J. L.; TUDELLA, E. Symptoms of anxiety and depression in schoolchildren with and without developmental coordination disorder. **Journal of Health Psychology**, v. 26, n. 10, p. 1519–1527, 2021.

DUARTE, M.; FREITAS, S. M. S. F. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. **Revista brasileira de fisioterapia**, v. 14, n. 3, p. 183–92, 2010.

EBRAHIMISANI, S.; SOHRABI, M.; TAHERI, H.; AGDASI, M. T.; AMIRI, S. Research in Developmental Disabilities Effects of virtual reality training intervention on predictive motor control of children with DCD – A randomized controlled trial. **Research in Developmental Disabilities**, v. 107, p. 103768, 2020.

ENGEL-YEGGER, B.; HANNA KASIS, A. The relationship between Developmental Coordination Disorders, child's perceived self-efficacy and preference to participate in daily activities. **Child: Care, Health and Development**, v. 36, n. 5, p. 670–677, 2010.

FONG, S. S. M.; CHUNG, J. W. Y.; CHOW, L. P. Y.; MA, A. W. W.; TSANG, W. W. N. Differential effect of Taekwondo training on knee muscle strength and reactive and static balance control in children with developmental coordination disorder: A randomized controlled trial. **Research in Developmental Disabilities**, v. 34, p. 1446–1455, 2013.

FONG, S. S. M.; CHUNG, L. M. Y.; BAE, Y. H.; VACKOVA, D.; MA, A. W. W.; LIU, K. P. Y. Neuromuscular Processes in the Control of Posture in Children with Developmental Coordination Disorder: Current Evidence and Future Research Directions. **Current Developmental Disorders Reports**, v. 5, p. 43–48, 2018.

FONG, S. S. M.; GUO, X.; LIU, K. P. Y.; KI, W. Y.; LOUIE, L. H. T.; CHUNG, R. C. K.; MACFARLANE, D. J. Task-Specific Balance Training Improves the Sensory Organisation of Balance Control in Children with Developmental Coordination Disorder: A Randomised Controlled Trial. **Scientific Reports**, v. 6, p. 1–8, 2016.

FONG, S. S. M.; LEE, V. Y. L.; PANG, M. Y. C. Sensory organization of balance control in children with developmental coordination disorder. **Research in Developmental Disabilities**, v. 32, p. 2376–2382, 2011.

FONG, S. S. M.; TSANG, W. W. N.; NG, G. Y. F. Altered postural control strategies and sensory organization in children with developmental coordination disorder. **Human Movement Science**, v. 31, p. 1317–1327, 2012.

FORSETH, A. K.; SIGMUNDSSON, H. Static balance in children with hand – eye co-ordination problems. **Child: Care, Health and Development**, v. 29, p. 569–579, 2003.

GALLAHUE, D. L.; OZMUN, J. C. **Understanding motor development: infants, children, adolescent, adults**. 6 ed. ed. New York: Mc Graw-Hill, 2006.

GEBEL, A.; LÜDER, B.; GRANACHER, U. Effects of Increasing Balance Task Difficulty on Postural Sway and Muscle Activity in Healthy Adolescents. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 1–13, 2019.

GEUZE, R. H. Static balance and developmental coordination disorder. **Human Movement Science**, v. 22, n. 4–5, p. 527–548, 2003.

GIAGAZOGLU, P.; SIDIROPOULOU, M.; MITSIOU, M.; ARABATZI, F.; KELLIS, E. Can balance trampoline training promote motor coordination and balance performance in children with developmental coordination disorder? **Research in Developmental Disabilities**, v. 36, p. 13–19, 2015.

GONSALVES, L.; CAMPBELL, A.; JENSEN, L.; STRAKER, L. Children With Developmental Coordination Disorder Play Active Virtual Reality Games Differently Than Children With Typical Development. **Phys Ther.**, v. 95, p. 360–368, 2015.

GROVE, C. R.; LAZARUS, J. A. C. Impaired re-weighting of sensory feedback for maintenance of postural control in children with developmental coordination disorder. **Human Movement Science**, v. 26, p. 457–476, 2007.

HAMMOND, J.; JONES, V.; HILL, E. L.; GREEN, D.; MALE, I. An investigation of the impact of regular use of the Wii Fit to improve motor and psychosocial outcomes in children with movement difficulties : a pilot study. **Child: Care, Health and Development**, v. 40, n. 2, p. 165–175, 2014.

HENDERSON, S. E.; SUGDEN, D. A.; BARNETT, A. L. Movement Assessment Battery for Children. In: **London: Psychological Corporation**. 2007.

JELSMA, D.; FERGUSON, G. D.; SMITS-ENGELSMAN, B. C. M.; GEUZE, R. H. Short-term motor learning of dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder. **Research in Developmental Disabilities**, v. 38, p. 213–222, 2015.

JELSMA, D.; GEUZE, R. H.; MOMBARG, R.; SMITS-ENGELSMAN, B. C. M. The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder and balance problems. **Human Movement Science**, v. 33, n. 1, p. 404–418, 2014.

JELSMA, J.; PRONK, M.; FERGUSON, G.; JELSMA-SMIT. The effect of the Nintendo Wii Fit on balance control and gross motor function of children with spastic hemiplegic cerebral palsy. **Developmental neurorehabilitation**, v. 16, n. 1, p. 27–37, 2013.

JELSMA, L. D.; CAVALCANTE NETO, J. L.; SMITS-ENGELSMAN, B.; DRAGHI, T. T. G.; ROHR, L. A.; TUDELLA, E. Type of active video-games training does not impact the effect on balance and agility in children with and without developmental coordination disorder: A randomized comparator-controlled trial. **Applied Neuropsychology: Child**, v. 30, p. 1–10, 2022.

JELSMA, L. D.; GEUZE, R. H.; SMITS-ENGELSMAN, B. C. M. Movement Control Strategies in a Dynamic Balance Task in Children With and Without Developmental Coordination Disorder. **Journal of Motor Behavior**, v. 52, n. 2, p. 175–186, 2019.

JELSMA, L. D.; SMITS-ENGELSMAN, B. C. M.; KRIJNEN, W. P.; GEUZE, R. H. Changes in dynamic balance control over time in children with and without Developmental Coordination Disorder. **Human Movement Science**, v. 49, p. 148–159, 2016.

KANE, K.; BARDEN, J. Contributions of trunk muscles to anticipatory postural control in children with and without developmental coordination disorder. **Human Movement Science**, v. 31, p. 707–720, 2012.

MAGILL, R. A. **Motor Learning and Control: Concepts and Applications**. 9 ed ed. New York: Mc Graw-Hill, 2011.

MENTIPLAY, B. F.; FITZGERALD, T. L.; CLARK, R. A.; BOWER, K. J.; DENEHY, L.; SPITTLE, A. J. Do video game interventions improve motor outcomes in children with developmental coordination disorder? A systematic review using the ICF framework. **BMC Pediatrics**, v. 19, n. 22, p. 1–15, 2019.

MILLER, H. L.; CAÇOLA, P.; SHERROD, G.; PATTERSON, R. M.; BUGNARIU, N. L. Children with Autism Spectrum Disorder, Developmental Coordination Disorder, and typical development differ in characteristics of dynamic postural control: a preliminary study. **Gait Posture**, v. 67, p. 9–11, 2019.

MISSIUNA, C.; CAIRNEY, J.; POLLOCK, N.; CAMPBELL, W.; RUSSELL, D. J.; MACDONALD, K.; SCHMIDT, L.; HEATH, N.; VELDHUIZEN, S.; COUSINS, M. Psychological distress in children with developmental coordination disorder and attention-deficit hyperactivity disorder. **Research in Developmental Disabilities**, v. 35, n. 5, p. 1198–1207, 2014.

MISSIUNA, C.; MOLL, S.; KING, S.; KING, G.; LAW, M. A trajectory of troubles parents' impressions of the impact of Developmental Coordination Disorder. **Physical and Occupational Therapy in Pediatrics**, v. 27, n. 1, p. 81–101, 2007.

MISSIUNA, C.; RIVARD, L.; BARTLETT, D. Early Identification and Risk Management of

Children with Developmental Coordination. **Pediatric Physical Therapy**, v. 15, n. 1, p. 32–38, 2003.

MITSIU, M.; GIAGAZOGLU, P.; SIDIROPOULOU, M.; KOTSIKAS, G.; TSIMARAS, V.; FOTIADOU, E. Static Balance Ability in Children with Developmental Coordination Disorder. **European Journal of Physical Education and Sport**, v. 11, n. 1, p. 17–23, 2016.

MOMBARG, R.; JELSMA, D.; HARTMAN, E. Effect of Wii-intervention on balance of children with poor motor performance. **Research in Developmental Disabilities**, v. 34, p. 2996–3003, 2013.

NINTENDO Inc. **Nintendo Wii Sports Resort**. 2018. Available online: http://www.nintendo.ca/cgibin/usersite/display_info.cgi?

pageNum=5&lang=en&id=5352161&from=wii (acessado em 20 de Abril de 2023).

PIEK, J. A. N. P.; SKINNER, R. A. Timing and force control during a sequential tapping task in children with and without motor coordination problems. **Journal of the International Neuropsychological Society**, v. 5, p. 320–329, 1999.

POLATAJKO, H. J.; CANTIN, N. Developmental Coordination Disorder (Dyspraxia): An Overview of the State of the Art. **Semin Pediatr Neurol.**, v. 12, p. 250–258, 2006.

PRZYSUCHA, E. P.; TAYLOR, M. J. Control of Stance and Developmental Coordination Disorder : The Role of Visual Information. **Adapted Physical Activity Quarterly**, v. 21, p. 19–33, 2004.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Motor control: Translating Research Into Clinical Practice**. 3 ed ed. Philadelphia: PA: Lippincott Williams and Wilkins, 2007.

SMITS-ENGELSMAN, B.; CAVALCANTE NETO, J. L.; DRAGHI, T. T. G.; ROHR, L. A.; JELSMA, D. Construct validity of the PERF-FIT, a test of motor skill-related fitness for children in low resource areas. **Research in Developmental Disabilities**, v. 102, p. 103663, 2020.

SPEEDTSBERG, M. B.; CHRISTENSEN, S. B.; ANDERSEN, K. K.; BENCKE, J.; JENSEN, B. R.; CURTIS, D. J. Impaired postural control in children with developmental coordination disorder is related to less efficient central as well as peripheral control. **Gait and Posture**, v. 51, p. 1–6, 2017.

STRAKER, L.; HOWIE, E.; SMITH, A.; JENSEN, L.; PIEK, J.; CAMPBELL, A. A crossover randomised and controlled trial of the impact of active video games on motor coordination and perceptions of physical ability in children at risk of Developmental Coordination Disorder. **HUMAN MOVEMENT SCIENCE**, v. 42, p. 146–160, 2015.

STRAKER, L. M.; CAMPBELL, A. C.; JENSEN, L. M.; METCALF, D. R.; SMITH, A. J.; ABBOTT, R. A.; POLLOCK, C. M.; PIEK, J. P. Rationale , design and methods for a randomised and controlled trial of the impact of virtual reality games on motor competence , physical activity , and mental health in children with developmental coordination disorder. **BMC Public Health**, v. 11, p. 654, 2011.

SUGDEN, B. Y. D.; SUGDEN, L. THE ASSESSMENT OF MOVEMENT SKILL PROBLEMS IN 7- AND 9-YEAR-OLD CHILDREN. **British Journal of Educational Psychology**, v. 61, p. 329–345, 1991.

TSAI, C. L.; WU, S. K. Relationship of visual perceptual deficit and motor impairment in children with developmental coordination disorder. **Perceptual and Motor Skills**, v. 107, p. 457–472, 2008.

TSAI, C.; WU, S. K.; HUANG, C.-H. Static balance in children with developmental coordination disorder. **Human movement science**, v. 27, p. 142–153, 2008.

VERBECQUE, E.; JOHNSON, C.; RAMECKERS, E.; THIJS, A.; VEER, I. Van der; MEYNS, P.; SMITS-ENGELSMAN, B.; KLINGELS, K. Balance control in individuals with developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. **Gait and Posture**, v. 83, p. 268–279, 2021.

WANN, J. P.; MON-WILLIAMS, M.; RUSHTON, K. Postural control and co-ordination disorders : The swinging room revisited. **Human movement science**, v. 17, p. 491–513, 1998.

WERDEN, A.; PRZYSUCHA, E. P.; ZERPA, C. Virtual Reality Active Games as a Potential Tool to Enhance Movement Skills and Promote Participation in Physical Activities for Children with DCD : Pilot Study. **Global Journal of Intellectual & Developmental Disabilities conceptually**, v. 2, n. 5, p. 1–7, 2017.

WILSON, P. H.; RUDDOCK, S.; SMITS-ENGELSMAN, B.; POLATAJKO, H.; BLANK, R. Understanding performance deficits in developmental coordination disorder : a meta-analysis of recent research. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 55, p. 217–228, 2013.

WILSON, P. H.; SMITS-ENGELSMAN, B.; CAEYENBERGHS, K.; STEENBERGEN, B.; SUGDEN, D.; CLARK, J.; MUMFORD, N.; BLANK, R. Cognitive and neuroimaging findings in developmental coordination disorder : new insights from a systematic review of recent research. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 59, p. 1117–1129, 2017.

ZATSIORSKY, V. M.; DUARTE, M. Instant equilibrium point and its migration in standing tasks: rambling and trembling components of the stabilogram. **Motor Control**, v. 3, p. 28–38, 1999.

ANEXO

Anexo 1: Aprovação do Comitê de Ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: EFEITOS DA INTERVENÇÃO COM VÍDEO GAMES ATIVOS NO EQUILÍBRIO DE CRIANÇAS COM E SEM TRANSTORNO DO DESENVOLVIMENTO DA COORDENAÇÃO: UM ESTUDO FOLLOW-UP

Pesquisador: JORGE LOPES CAVALCANTE NETO

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 89993118.8.0000.5504

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia - PPGFt

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.541.645

Apresentação do Projeto:

Crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) apresentam déficits no equilíbrio estático e dinâmico devido as alterações anatômicas e fisiológicas, comprometendo seu bom desempenho nas atividades de recreação, esportivas e na sua participação social. A realidade virtual, por meio do Wii Fit e Xbox 360, vem apresentando resultados positivos no equilíbrio de crianças com TDC a curto prazo, promovendo o controle antecipatório e respostas reativas. No entanto, para identificar se o equilíbrio aprimorado durante a intervenção, foi capaz de se manter permanente, mudando a capacidade de movimentação a médio prazo, é necessário acompanhar essas crianças após quatro meses da intervenção (follow up) e assim, inferir se de fato houve efetividade da intervenção. O objetivo geral deste estudo é avaliar a médio prazo (quatro meses) os efeitos da intervenção com vídeo games ativos (Wii Fit versus Xbox 360), no equilíbrio de crianças com e sem TDC. Serão incluídas crianças de 7 a 12 anos com TDC que atingirem os quatro critérios do Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders-Fifth edition (DSM-5), e para compor o grupo controle, serão selecionadas aquelas com desenvolvimento típico. O estudo prevê 4 grupos

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SAO CARLOS

CEP: 13.565-905

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 3.541.645

de intervenção: TDC jogando Wii, TDC jogando Xbox, Típicas jogando Wii e Típicas jogando Xbox. Serão utilizados os seguintes instrumentos para avaliação: Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ); Movement Assessment Battery for Children – 2 (MABC- 2); questionário sociodemográfico; Bruininks Oseretsky test of motor proficiency – 2; Plataforma de força; Controle autônomo cardíaco; Dupla tarefa; Yoga-Wii- Fit; Pontuações do jogos e Enjoyment Scale. Todas as crianças serão avaliadas pré, pós intervenção e no Follow up, o qual será realizado após 4 meses após intervenção. As intervenções serão realizadas com o uso do Nintendo® Wii ou Xbox Kinect durante 20 minutos, duas vezes por semana ao longo de cinco semanas. As crianças irão jogar 10 jogos pré-selecionados do Wii Fit Balance Games (Nintendo® Wii) ou jogos do Xbox adventure e sport. Espera-se identificar se os efeitos da intervenção serão positivos no equilíbrio estático e dinâmico das crianças com TDC a médio prazo (4 meses após a intervenção). Além disso hipotetiza-se que as melhorias alcançadas pelas crianças participantes do grupo de intervenção com Xbox 360 sejam superiores às observadas naquelas crianças participantes do grupo de intervenção com Wii Fit.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar a médio prazo (quatro meses) os efeitos da intervenção com vídeo games ativos (Wii Fit versus Xbox 360), no equilíbrio de crianças com e sem TDC.

Objetivo Secundário:

Caracterizar o perfil do desempenho motor, os fatores sociodemográficos e medidas antropométricas das crianças com e sem TDC;

Comparar o desempenho motor geral das crianças treinadas com Wii Fit e Xbox 360 nos momentos pré, pós intervenção e follow up (4 meses após intervenção);

Identificar a satisfação das crianças com TDC em relação aos jogos realizados e comparar tais resultados entre as diferentes intervenções propostas (Wii Fit e Xbox 360);

Verificar os efeitos da intervenção no equilíbrio estático e dinâmico a médio prazo (4 meses após

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 3.541.645

intervenção) das crianças com e sem TDC;

Identificar o controle postural do deslocamento total do centro de pressão (COP) na superfície estável e instável na posição estática com apoio

unipodal, bipodal e semi tandem em crianças com TDC, pré, pós intervenção e follow up;

Comparar o desempenho na dupla tarefa (motor/motor e motor/cognitivo) no pré, pós e follow up das crianças com e sem TDC.

Identificar qual intervenção (Wii Fit e Xbox 360) possui maior efeito sobre o desempenho na dupla tarefa.

Avaliar o controle autonômico cardíaco em repouso (pré teste), na intervenção (1ª, 5ª e 10ª sessão), pós teste (repouso) e follow up (repouso) das crianças com e sem TDC

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Há possibilidades de riscos mínimos, como entorses e cansaço, porém saliento que nossa equipe é treinada para todas as avaliações e

intervenção estando o tempo todo ao lado do participante o que diminui este risco. O avaliador e terapeuta serão profissionais (fisioterapeuta, profissional de educação física e terapeuta ocupacional) que serão previamente treinados e competentes para participação na equipe de pesquisa

que dará os intervalos entre as atividades de acordo com a necessidade do participante, evitando assim a fadiga. O avaliador e terapeuta será

orientado a parar o teste ou intervenção se perceber se aquela atividade será de extrema dificuldade colocando o participante em risco. Além disso,

a proposta de intervenção foi previamente realizada em um estudo prévio as quais nunca relataram qualquer risco.

Benefícios:

Há a possibilidades de que os participantes deste estudo sejam diretamente beneficiados no equilíbrio dinâmico e estático, pois em estudo prévio

tivemos uma significativa melhora neste quesito, e com a extensão deste projeto visando avaliar também este efeito a médio prazo esperamos que

estes benefícios sejam mantidos e assim possamos realmente inferir os efeitos desta intervenção no equilíbrio das crianças típicas e principalmente

nas crianças com TDC. Por meio deste estudo ainda poderemos acompanhar o controle

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 3.541.645

autônomo cardíaco em repouso, na intervenção e no follow up do grupo TDC e típicos e com isso há possibilidades que estes possam ser beneficiados quanto a melhora na variabilidade cardíaca. Ainda teremos o conhecimento do desempenho do TDC e típicos na dupla tarefa e saber se esta intervenção proporcionou benefícios para a melhora neste desempenho. Destaco que o follow up é um fator determinante para então inferir que esta intervenção trará ganhos para este participante, sendo assim o principal desfecho deste trabalho.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma pesquisa com relevância científica e social e respeita os preceitos éticos estabelecidos pela Resolução CNS 466/2012 e suas complementares.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Termos apresentados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1413167_E2.pdf	12/08/2019 12:13:04		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_follow_up.docx	12/08/2019 12:09:41	Tatiane Targino Gomes Draghi	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_follow_up.docx	12/08/2019 12:09:26	Tatiane Targino Gomes Draghi	Aceito
Orçamento	_orcamento.pdf	25/03/2019 18:00:42	JORGE LOPES CAVALCANTE	Aceito
Brochura Pesquisa	ufscar.docx	25/03/2019 18:00:01	JORGE LOPES CAVALCANTE	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETOCEP13052018.docx	13/05/2018 18:02:41	JORGE LOPES CAVALCANTE NETO	Aceito

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 3.541.645

Folha de Rosto	FOLHADEROSTOASSINADA.pdf	11/05/2018 12:15:45	JORGE LOPES CAVALCANTE	Aceito
----------------	--------------------------	------------------------	---------------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO CARLOS, 29 de Agosto de 2019

Assinado por:
Priscilla Hortense
(Coordenador(a))

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br

APÊNDICE

Apêndice A: Material suplementar do Estudo I

Material suplementar 1: Média e desvio padrão dos dados do *Root Mean Square* (RMS).

		DT						TDC					
		<i>Wii Fit</i>			<i>Xbox Kinect</i>			<i>Wii Fit</i>			<i>Xbox Kinect</i>		
		Pré-teste	Pós-teste	<i>Follow up</i>	Pré-teste	Pós-teste	<i>Follow up</i>	Pré-teste	Pós-teste	<i>Follow up</i>	Pré-teste	Pós-teste	<i>Follow up</i>
Olhos abertos, bipodal, rígido	RMS AP	0,44±0,15	0,52±0,22	0,54±0,17	0,43±0,12	0,51±0,19	0,47±0,14	0,57±0,17	0,65±0,21	0,67±0,19	0,53±0,16	0,61±0,16	0,55±0,23
	RMS ML	0,36±0,11	0,45±0,25	0,35±0,16	0,30±0,11	0,45±0,25	0,43±0,16	0,53±0,19	0,59±0,24	0,59±0,24	0,46±0,14	0,57±0,26	0,48±0,23
Olhos abertos, semi tandem, rígido	RMS AP	0,47±0,15	0,56±0,20	0,56±0,16	0,49±0,13	0,52±0,14	0,56±0,19	0,68±0,19	0,82±0,31	0,58±0,18	0,59±0,14	0,75±0,29	0,60±0,15
	RMS ML	0,58±0,16	0,64±0,18	0,65±0,19	0,58±0,16	0,62±0,16	0,59±0,13	0,70±0,16	0,80±0,28	0,72±0,22	0,64±0,16	0,80±0,26	0,70±0,16
Olhos abertos, bipodal, macio	RMS AP	0,78±0,22	0,78±0,21	0,77±0,26	0,78±0,19	0,75±0,22	0,72±0,20	0,80±0,23	0,94±0,27	0,74±0,20	0,81±0,21	0,92±0,29	0,81±0,21
	RMS ML	0,63±0,22	0,67±0,21	0,67±0,12	0,60±0,18	0,66±0,23	0,56±0,17	0,77±0,25	0,76±0,24	0,64±0,18	0,73±0,19	0,73±0,20	0,71±0,16
Olhos abertos, semi tandem, macio	RMS AP	0,86±0,24	0,85±0,21	0,80±0,19	0,91±0,27	0,80±0,26	0,88±0,25	0,98±0,22	1,03±0,30	1,09±0,43	0,87±0,16	0,99±0,30	1,05±0,35
	RMS ML	0,71±0,19	0,68±0,20	0,77±0,23	0,76±0,19	0,78±0,30	0,89±0,28	0,87±0,22	0,84±0,21	0,90±0,29	0,79±0,19	0,89±0,32	0,90±0,24
Olhos fechados, bipodal, rígido	RMS AP	0,51±0,17	0,54±0,23	0,55±0,15	0,55±0,22	0,56±0,19	0,57±0,21	0,63±0,19	0,77±0,24	0,80±0,39	0,60±0,19	0,73±0,22	0,65±0,26
	RMS ML	0,38±0,18	0,37±0,17	0,52±0,25	0,35±0,14	0,40±0,16	0,38±0,17	0,51±0,20	0,66±0,30	0,58±0,28	0,49±0,22	0,58±0,21	0,51±0,25
Olhos fechados, semi tandem, rígido	RMS AP	0,64±0,18	0,64±0,16	0,71±0,25	0,67±0,22	0,69±0,21	0,87±0,36	0,79±0,19	0,79±0,17	0,87±0,30	0,75±0,17	0,80±0,16	0,82±0,29
	RMS ML	0,80±0,22	0,92±0,26	0,89±0,27	0,90±0,26	0,88±0,24	0,89±0,27	0,97±0,22	0,90±0,18	0,88±0,28	0,93±0,23	1,00±0,25	1,06±0,27

Olhos fechados, bipodal macio	RMS AP	1,35±0,27	1,34±0,39	1,29±0,39	1,29±0,33	1,39±0,34	1,58±0,61	1,44±0,29	1,35±0,32	1,49±0,29	1,34±0,17	1,33±0,26	1,40±0,29
	RMS ML	1,16±0,30	1,14±0,35	1,03±0,30	1,14±0,31	1,27±0,53	1,32±0,50	1,24±0,29	1,15±0,34	1,23±0,22	1,33±0,26	1,28±0,38	1,15±0,24
Olhos fechados, semi tandem, macio	RMS AP	1,51±0,29	1,38±0,30	1,36±0,29	1,40±0,25	1,51±0,32	1,32±0,32	1,57±0,33	1,46±0,28	1,50±0,30	1,45±0,22	1,46±0,28	1,70±0,51
	RMS ML	1,45±0,31	1,25±0,22	1,35±0,34	1,34±0,27	1,35±0,29	1,32±0,36	1,49±0,29	1,32±0,18	1,51±0,40	1,47±0,17	1,42±0,32	1,55±0,51

DT: desenvolvimento típico. TDC: Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. RMS: *Root Mean Square*. AP: direção anteroposterior. ML: direção médio lateral.

Material Suplementar 2- Média e desvio padrão dos dados da Velocidade (VEL).

		DT						TDC					
		<i>Wii Fit</i>			<i>Xbox Kinect</i>			<i>Wii Fit</i>			<i>Xbox Kinect</i>		
		Pré-teste	Pós-teste	Follow up	Pré-teste	Pós-teste	Follow up	Pré-teste	Pós-teste	Follow up	Pré-teste	Pós-teste	Follow up
Olhos abertos, bipodal, rígido	VEL AP	1,07±0,27	1,19±0,37	1,25±0,41	1,06±0,21	1,19±0,36	1,18±0,38	1,53±0,46	1,55±0,46	1,35±0,36	1,33±0,42	1,42±0,34	1,20±0,31
	VEL ML	0,92±0,22	1,12±0,51	0,99±0,32	0,81±0,22	1,06±0,39	1,01±0,31	1,24±0,39	1,31±0,49	1,18±0,40	1,02±0,30	1,20±0,32	1,02±0,30
Olhos abertos, semi tandem, rígido	VEL AP	1,54±0,48	1,71±0,46	1,67±0,39	1,48±0,32	1,57±0,40	1,58±0,47	2,15±0,59	2,26±0,63	1,92±0,55	1,81±0,40	2,08±0,62	2,00±0,49
	VEL ML	1,34±0,34	1,56±0,40	1,43±0,36	1,34±0,26	1,37±0,31	1,36±0,25	1,68±0,38	1,83±0,64	1,58±0,23	1,58±0,33	1,74±0,52	1,69±0,31
Olhos abertos, bipodal, macio	VEL AP	1,58±0,37	1,70±0,38	1,56±0,13	1,55±0,38	1,65±0,46	1,72±0,43	1,90±0,45	2,03±0,48	1,67±0,40	1,90±0,57	1,96±0,50	2,02±0,51
	VEL ML	1,43±0,33	1,57±0,39	1,55±0,37	1,37±0,36	1,45±0,39	1,47±0,43	1,83±0,48	1,77±0,41	1,51±0,41	1,74±0,43	1,73±0,40	1,86±0,51
Olhos abertos, semi tandem, macio	VEL AP	1,83±0,46	1,80±0,47	1,79±0,45	1,91±0,46	1,72±0,47	2,03±0,64	2,20±0,52	2,37±0,65	2,06±0,50	2,24±0,53	2,40±0,77	2,18±0,48
	VEL ML	1,82±0,33	1,76±0,35	1,79±0,43	1,80±0,45	1,71±0,39	1,88±0,33	2,14±0,41	2,11±0,48	2,19±0,66	2,03±0,47	2,22±0,64	2,18±0,52

Olhos fechados, bipodal, rígido	VEL AP	1,32±0,31	1,35±0,41	1,42±0,33	1,26±0,37	1,40±0,40	1,39±0,55	1,68±0,49	1,86±0,50*	1,64±0,33	1,56±0,37	1,80±0,53	1,66±0,33
	VEL ML	1,04±0,32	1,04±0,31	1,12±0,45	0,94±0,29	1,10±0,39	1,00±0,33	1,22±0,37	1,44±0,56	1,31±0,53	1,35±0,86	1,52±0,54	1,25±0,27
Olhos fechados, semi tandem, rígido	VEL AP	2,08±0,55	2,08±0,49	2,14±0,70	2,11±0,66	2,02±0,53	2,13±0,77	2,60±0,74	2,42±0,57	2,14±0,61	2,56±0,58	2,54±0,49	2,50±0,62
	VEL ML	1,98±0,43	2,09±0,43	1,94±0,60	2,14±0,78	2,05±0,46	1,95±0,46	2,33±0,46	2,14±0,49	2,02±0,66	2,43±0,50	2,39±0,52	2,48±0,50
Olhos fechados, bipodal, macio	VEL AP	3,13±0,64	3,08±0,77	2,92±0,68	3,00±1,09	3,18±1,12	3,46±1,45	3,49±1,10	3,21±0,92	3,42±0,91	3,73±0,77	3,37±0,62	3,19±0,60
	VEL ML	2,66±0,62	2,78±0,75	2,69±0,87	2,54±0,98	2,72±0,79	2,99±1,12	2,90±0,74	2,80±0,92	2,93±0,47	3,24±0,81	2,92±0,74	2,93±0,83
Olhos fechados, semi tandem, macio	VEL AP	3,69±0,73	3,63±0,73	3,57±0,83	3,24±0,60	3,63±0,89	3,32±0,87	4,06±0,99	3,88±0,84	3,87±0,92	4,16±0,89	4,03±0,79	4,13±0,89
	VEL ML	3,88±0,93	3,81±0,73	3,70±0,88	3,37±0,65	3,74±1,01	3,63±0,89	4,21±1,17	3,94±0,79	4,09±1,06	4,13±0,82	4,04±0,86	4,16±0,87

DT: desenvolvimento típico. TDC: Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. AP: direção anteroposterior. ML: direção médio lateral.