



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**  
**FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA – FEF**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA – PPGEF**

**FLAVIUS AUGUSTO PINTO CUNHA**

**EFEITOS AGUDOS DA ATIVIDADE DE CAMINHADA NO EQUILÍBRIO  
POSTURAL E NA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR EM  
CRIANÇAS OBESAS E CRIANÇAS EUTRÓFICAS**

**BRASÍLIA**

**2021**

FLAVIUS AUGUSTO PINTO CUNHA

EFEITOS AGUDOS DA ATIVIDADE DE CAMINHADA NO EQUILÍBRIO POSTURAL  
E NA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR EM  
CRIANÇAS OBESAS E CRIANÇAS EUTRÓFICAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Educação Física da Universidade de Brasília  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
Doutor em Educação Física.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cristina de David

BRASÍLIA

2021

FLAVIUS AUGUSTO PINTO CUNHA

EFEITOS AGUDOS DA ATIVIDADE DE CAMINHADA NO EQUILÍBRIO POSTURAL  
E NA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR EM  
CRIANÇAS OBESAS E CRIANÇAS EUTRÓFICAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Educação Física da Universidade de Brasília  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
Doutor em Educação Física.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Ana Cristina de David (Presidente)  
Universidade de Brasília – UnB

---

Profa. Dra. Eliane Fátima Manfio  
Examinadora externa – Universidade Feevale – FEEVALE

---

Profa. Dra. Bianca Callegari  
Examinadora externa – Universidade Federal do Pará – UFPA

---

Prof. Dr. Ricardo Moreno Silva  
Examinador interno – Universidade de Brasília – UnB

---

Profa. Dra. Andréa Gomes Moraes  
Suplente – Universidade de Brasília – UnB

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a construção dessa tese de doutorado ao professor mestre em Agronomia, Bernardo da Silveira Cunha, meu pai (em memória), à pedagoga Marenise Pinto Cunha, minha mãe, à enfermeira Albertina Teresa, minha irmã, ao administrador Marcelo Cunha, meu irmão mais velho, e ao publicitário Frederik Cunha, meu irmão caçula, todos sangue do sangue, força da minha força, com a minha mais profunda gratidão.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, ao Ser Supremo, pela simples dádiva de estar vivo;

À minha família pelo apoio, suporte e incentivo sempre na medida certa e de forma irrestrita;

À Tânia Marta, à minha fortaleza, antes, durante e pós processo de habilitação no doutorado;

À Universidade Federal do Pará - UFPA, Instituto de Ciências da Educação, Faculdade de Educação Física – FEF em Belém/PA, por acreditar, incentivar e autorizar o processo de capacitação de seus docentes;

Aos Professores da FEF/UFPA por somarem na minha formação profissional;

Aos professores da FEF na Universidade Federal do Amapá, em Macapá/AP, onde foi iniciada minha carreira docente em Instituição Pública Federal;

Aos professores do curso de Educação Física da Universidade Vale do Rio Verde em Três Corações/MG, que solidificaram meus primeiros passos na docência do ensino superior;

Aos professores doutores que me inspiraram profundamente ao longo da minha caminhada acadêmica (Erasmão Campelo, Eduardo Kokubun, Sérgio Cunha, José Barela, Claudio Gobato, Lilian Gobbi, Sebastião Gobbi, Wellington Carvalho, Fábio Nakamura, Alexandre Almeida, Marcelo Papoti, Gleber Pereira, Márcio Ribas, Cássia Hack, Demilto Yamaguchi, Agripino Junior, Dilson Belfort, Allyson Costa);

À Universidade de Brasília – UnB por democratizar seus Programas de Pós-Graduação e contribuir na formação de professores;

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da UnB por permitir linhas de pesquisa ecléticas com formação especializada e de excelência;

Aos professores e funcionários da FEF/UnB pela dedicação ao serviço público;

Aos acadêmicos da FEF/UnB (Rodrigo Jerônimo e Pedro Henrique) por serem braços, pernas, sorrisos e corações na atuação como professores de educação física e colaborarem nas coletas do estudo;

Aos diretores/coordenadores das escolas participantes da rede pública de ensino de Taguatinga/DF e Brasília/DF por permitirem e colaborarem na realização do estudo;

Às crianças e seus responsáveis por participarem de forma ativa em nosso estudo;

Aos músicos de Brasília que permitiram ondas sonoras dissipadas em forma de energia positiva;

Ao Laboratório de Análise do Movimento Humano – LAMH/UnB, doutorandas e mestrandas;

Em especial, à Ana Cristina de David, por aceitar o desafio da orientação e concluir com maestria;

À todas as pessoas que contribuíram em nosso estudo, direta ou indiretamente.

“Fracassei em tudo que tentei, mas meus fracassos são minhas vitórias, detestaria estar no  
lugar de quem me venceu”  
*Darcy Ribeiro*

## RESUMO

A obesidade é um problema de saúde pública que atinge cada vez mais cedo crianças e adolescentes. Problemas cardiovasculares e metabólicos são comuns em crianças obesas, bem como distúrbios musculoesqueléticos. Esses distúrbios podem ser atribuídos, em parte, às elevadas cargas nas estruturas articulares, podendo afetar o equilíbrio postural e a distribuição de pressão plantar durante o andar. Portanto, o objetivo desse estudo é investigar o comportamento das variáveis do equilíbrio postural e da distribuição de pressão plantar em crianças eutróficas e obesas, antes e após a realização de um teste de caminhada de 6 minutos (6MWT). Participaram 62 crianças de ambos os sexos (37 meninas), com idade entre 7 e 10 anos, recrutadas em escolas do ensino fundamental na rede pública do Distrito Federal. As crianças foram classificadas em grupo eutrófico ( $n = 42$ ) e grupo obeso ( $n = 20$ ). As variáveis do equilíbrio postural relacionadas ao deslocamento do centro de pressão (CoP) como a amplitude no eixo médio-lateral, amplitude no eixo ântero-posterior, área 95% e velocidade média foram mensuradas utilizando-se uma plataforma de força (AccuSway Plus, AMTI), em duas condições na posição ortostática, a primeira em superfície estável com olhos abertos e, a segunda, superfície de espuma com olhos fechados. Além disso, foi realizada a avaliação da distribuição de pressão plantar por meio de uma plataforma (EMED, Novel), durante o andar em velocidade autosselecionada. Ambas avaliações foram realizadas nos momentos antes e imediatamente após a realização do 6MWT. Para a distribuição plantar foram mensurados o pico de pressão plantar (PPP), a força máxima (FM) e a área de contato (AC), em 5 diferentes regiões plantares: calcanhar, mediopé, antepé, hálux e dedos. Na avaliação do equilíbrio postural para a condição de superfície estável com os olhos abertos, as crianças obesas mostraram velocidade do CoP maior no momento pós 6MWT em comparação ao momento pré ( $p < 0,05$ ), assim como foi observado para a condição de superfície de espuma com olhos fechados ( $p < 0,05$ ). Crianças eutróficas, quando comparadas entre os momentos pré-teste e pós-teste, em superfície estável, mostraram aumentos significativos no momento pós-teste para a amplitude no eixo médio-lateral do CoP ( $p < 0,05$ ), assim como para a velocidade do CoP ( $p < 0,05$ ). Na condição de superfície de espuma com olhos fechados houve efeito de interação tempo x grupo, mostrando que o efeito do 6MWT na velocidade do CoP foi significativamente diferente para ambos os grupos ( $p = 0,001$ ). Na avaliação da distribuição plantar, quando comparamos os momentos pré e pós 6MWT, as crianças obesas mostraram um valor mais alto para o PPP na região do mediopé no momento pós ( $p < 0,05$ ). Em relação ao grupo eutrófico, o momento pós foi significativamente diferente do pré-teste para o PPP ( $p < 0,05$ ), FM ( $p < 0,05$ ) e AC ( $p < 0,05$ ) na região do calcanhar, e na FM ( $p < 0,05$ ) para a região do antepé. Na comparação entre os grupos, PPP, FM e AC foram maiores para a maioria das regiões do pé nas crianças obesas. Dessa forma, verifica-se que o esforço realizado na caminhada causa aumento na velocidade do CoP em crianças obesas, afetando a estabilidade postural. Além disso, cargas plantares tendem a aumentar sob a região do mediopé, podendo trazer desconforto e risco de lesões a longo prazo.

**Palavras-chave:** Crianças. Obesidade. Equilíbrio. Pressão plantar. Caminhada.

## ABSTRACT

Obesity is a public health problem that affects children and adolescents at an earlier age. Cardiovascular and metabolic problems are common in obese children, as well as musculoskeletal disorders. These disorders can be attributed, in part, to the high loads on the articular structures, which can affect the postural balance and the distribution of plantar pressure during walking. The objective of this study is to investigate the behavior of the variables of postural balance and plantar pressure distribution in eutrophic and obese children, before and after performing a 6-minute walk test (6MWT). The study included 62 children of both sexes (37 girls), aged between 7 and 10 years old, recruited from elementary schools in the public schools of the Federal District. Children were classified into eutrophic group ( $n = 42$ ) and obese group ( $n = 20$ ). The postural balance variables related to the displacement of the center of pressure (CoP), such as the amplitude in the mediolateral axis, the amplitude in the anteroposterior axis, 95% area and the average velocity were measured using a force platform (AccuSway Plus, AMTI), in two conditions in the standing position, the first on a stable surface with eyes open and the second on a foam surface with eyes closed. In addition, an assessment of plantar pressure distribution was performed using a platform (EMED, Novel), while walking at a auto-select speed. Both assessments were performed in the moments before and immediately after 6MWT. For plantar pressure, maximum force (MF), peak plantar pressure (PPP) and contact area (CA) were measured in 5 different plantar regions: rearfoot, midfoot, forefoot, hallux and toes. In the evaluation of postural balance, regarding the CoP velocity, showed that in the condition of stable surface with open eyes, obese children showed higher CoP velocity in the moment after 6MWT compared to the moment before ( $p < 0,05$ ), as was observed for the foam surface with eyes closed condition ( $p < 0,05$ ). Eutrophic children, when compared between the pre-test and post-test moments on a stable surface, showed significant increases in the post-moment for the amplitude in the mediolateral axis of the CoP ( $p < 0,05$ ), as well as for the velocity of the CoP ( $p < 0,05$ ). However, in the condition of foam surface with eyes closed, there was an interaction effect of time x group, showing that the effect of 6MWT on CoP velocity was significantly different for both groups ( $p = 0,001$ ). In the assessment of plantar distribution, when comparing the pre and post 6MWT moments of obese children, a higher value for the PPP was found under the midfoot region in the post moment ( $p < 0,05$ ). Regarding the eutrophic group, the post-moment was significantly different from the pre-test for PPP ( $p < 0,05$ ), MF ( $p < 0,05$ ) and CA ( $p < 0,05$ ) in the rearfoot region, and in MF ( $p < 0,05$ ) for the forefoot region. In the comparison between groups, PPP, MF and CA were higher for most regions of obese children. Thus, it appears that the effort performed while walking causes an increase in CoP velocity in obese children, affecting postural stability. In addition, plantar loads tend to increase under the midfoot region, which can bring discomfort and risk of long-term injury.

**Keywords:** Children. Obesity. Balance. Plantar pressure. Walk.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** Características antropométricas e dados para distância total durante o teste de caminhada de 6 minutos, frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço. Os valores são apresentados como média e desvio padrão ( $\pm$ ). 41
- Tabela 2** Variáveis do CoP para cada grupo antes e após o teste de caminhada de 6 minutos são apresentadas como média e desvio padrão ( $\pm$ ). 47
- Tabela 3** Pico de pressão plantar (PPP), força máxima (FM) e área de contato (AC) para as regiões de retropé, médio pé, ante pé, hálux e dedos, para cada grupo antes e depois do teste de caminhada de 6 minutos apresentados como média e desvio padrão ( $\pm$ ). 55

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b>	Desenho experimental do estudo	36
<b>Figura 2</b>	Plataforma – condição 1 (superfície estável)	38
<b>Figura 3</b>	Plataforma – condição 2 (superfície de espuma)	38
<b>Figura 4</b>	Delimitação do espaço de 4m na avaliação de distribuição plantar na marcha	39
<b>Figura 5</b>	Modelo de aplicação do 6MWT	40

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

UnB = Universidade de Brasília	> = Maior
FEF = Faculdade de Educação Física	BIA = Bioelectrical Impedance Analysis
PPGEF = Programa de Pós-Graduação em Educação Física	DXA = Dual-energy X-Rayb Absorptiometry
n = Número	TE = Teste de escada
CoP = Centro de pressão	TUG = Timed up and go
AMTI = Advanced Mechanical Technologies Inc.EMED = Emed	≤ = Menor ou igual
6MWT = Six-minute walk test	Kg = Quilogramas
FM = Força máxima	m <sup>2</sup> = Metro quadrado
PPP = Pico de pressão plantar	ml = Médio-lateral
AC = Área de contato	ap = Ântero-posterior
p = Probabilidade	mm = Milímetro
DPP = Distribuição de pressão plantar	cm <sup>2</sup> = Centímetro quadrado
ATS = American Thoracic Society	N = Newton
IASO = International Association for the Study of Obesity	kPa = Quilopascal
ABESO = Associação Brasileira para Estudos da Obesidade e Síndrome Metabólica	PSE = Percepção subjetiva do esforço
QVRS = Questionário de vida relacionado a saúde	m = Metro
ISCOLE = International Study of the Child Obesity Lifestyle and Environment	SPSS = Statistical Package for the Social Sciences
% = Percentual	ANOVA = Análise de variância
IMC = Índice de massa corporal	± = Desvio padrão
OMS = Organização Mundial de Saúde	cm = Centímetro
WHO = World Health Organization	cm/s = Centímetros por segundo
CDC = Centers of Disease Control and Prevention	Δ% = Percentual de variação do delta
EU = Grupo eutrófico	EF = Effect size
OB = Grupo obeso	IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
≥ = Maior ou igual	

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Objetivo geral .....	16
1.1.1 Objetivos específicos.....	16
1.2 Hipóteses do estudo .....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 Contextualizando a etimologia da obesidade infantil.....	18
2.1.1 Aspectos epidemiológicos da obesidade.....	20
2.2 Componentes da composição corporal na obesidade .....	21
2.3 Equilíbrio corporal, marcha e obesidade .....	23
2.3.1 Equilíbrio corporal e marcha.....	23
2.3.2 A marcha humana.....	25
2.3.3 Distribuição de pressão plantar dinâmica .....	27
2.4 Obesidade e desempenho motor .....	32
3 MÉTODOS .....	35
3.1 Caracterização do estudo.....	35
3.2 Participantes .....	35
3.3 Critérios de inclusão.....	35
3.4 Critérios de exclusão.....	36
3.5 Desenho Experimental.....	36
3.6 Procedimentos .....	37
3.6.1 Anamnese .....	37
3.6.2 Medidas antropométricas.....	37
3.6.3 Avaliação do equilíbrio postural .....	37
3.6.4 Avaliação da distribuição de pressão plantar (DPP).....	38
3.6.5 Teste de caminhada de 6 minutos.....	39
3.7 Análise dos dados .....	40
4 RESULTADOS.....	41
4.1 Estudo 1.....	43
4.1.1 Resumo.....	43
4.1.2 Métodos .....	44
4.1.3 Resultados.....	46
4.1.4 Discussão.....	48
4.1.5 Conclusões.....	50
4.2 Estudo 2.....	51
4.2.1 Resumo.....	51
4.2.2 Métodos .....	51
4.2.2 Resultados.....	54
4.2.3 Discussão.....	57
4.2.4 Conclusões.....	59
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
REFERÊNCIAS.....	63

APÊNDICE 1 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	74
APÊNDICE 2 - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.....	77
APÊNDICE 3 - Questionário/Anamnese.....	80
ANEXO 1 - artigo 1: .....	82
ANEXO 2 - artigo 2: .....	91

## 1 INTRODUÇÃO

A obesidade na infância e na adolescência é um problema de saúde pública mundial (CASTILLO et al., 2017). Essa doença crônica tem influenciado a população de diferentes maneiras. Além de problemas metabólicos como diabetes (POGODINA et al., 2017), doenças cardiovasculares e aumento da pressão arterial (UMER et al., 2017), a obesidade pode estar associada a distúrbios musculoesqueléticos em crianças e adolescentes, em parte, devido à sobrecarga nos membros inferiores (O'MALLEY et al., 2017; SHULTZ et al., 2014). As estruturas musculoesqueléticas são relevantes para a manutenção do equilíbrio e a orientação corporal durante a postura ereta, sendo também essenciais para a realização das atividades de vida diária e grande parte das atividades físicas (DUARTE; FREITAS, 2010).

Os efeitos da obesidade estão associados a limitações funcionais na atividade muscular e a uma maior probabilidade de desenvolver deficiência funcional relacionada a mobilidade, força e equilíbrio postural (TOMLINSON et al., 2016). Na verdade, problemas musculoesqueléticos, bem como a falta de atividade física, têm sido associados à obesidade, comum em crianças, adolescentes e adultos (SHULTZ et al., 2014).

A relação entre a dinâmica da informação somatossensorial e a oscilação postural foi avaliada em crianças e adultos, sugerindo que crianças a partir dos seis anos de idade apresentam uma boa manutenção do equilíbrio (BARELA et al. 2003). Contudo, a maior variabilidade de oscilação pode não resultar do processo de feedback sensorial, mas sim da capacidade subdesenvolvida das crianças de estimar um modelo de orientação corporal eficaz de equilíbrio.

A análise do deslocamento do centro de pressão (CoP) tem sido utilizada para avaliar o equilíbrio postural de diferentes populações (CIMOLIN et al., 2020; BŁASZCZYK, 2016). Pesquisas com crianças e adolescentes mostraram que o equilíbrio postural é influenciado pelo excesso de massa corporal (D'HONDT et al., 2011), ressaltando que a diminuição da estabilidade postural está fortemente correlacionada com o aumento do peso corporal (HUE et al., 2007).

O controle motor fino em crianças obesas e com sobrepeso com idade entre 5 e 12 anos foi avaliado sob diferentes restrições posturais (D'HONDT et al., 2008). Os resultados indicaram que a condição de sobrepeso ou obesidade foi prejudicial para o desempenho das habilidades motoras finas na condição de pé, o que confirma as dificuldades de controle postural observadas nessas crianças. Por outro lado, um levantamento com crianças obesas em idades entre 6 e 14 anos verificou que após um programa de controle de peso corporal, durante o

período de seis meses, houve melhora no equilíbrio e desempenho postural (STEINBERG et al., 2013). Além disso, crianças com obesidade reduziram o estresse, além de ter diminuído a probabilidade de quedas. Porém, salienta-se a necessidade de mais estudos longitudinais para verificar a relação entre atividade física, perda de peso, e redução de lesões subsequentes em crianças obesas. A velocidade do CoP durante o equilíbrio estático de adolescentes obesos mostrou valores maiores quando comparado a adolescentes de peso normal (CAETANO et al., 2014). Outro estudo mostrou que a adiposidade prejudica o controle postural das meninas, mas apenas durante condições de controle postural mais desafiadores (TSIROS et al., 2019). Além disso, o equilíbrio reduzido derivado da obesidade tem um efeito considerável em uma variedade de situações da vida real e outras tarefas ocupacionais (CIMOLIN et al., 2020). Nesse sentido, a avaliação do equilíbrio postural também pode ser recomendada para uso na prática clínica com crianças e adolescentes com obesidade (D'HONDT et al., 2011).

Ainda nessa perspectiva, estudos anteriores mostraram que a pressão plantar, as estruturas e a ação mecânica dos pés diferem entre crianças obesas e não obesas (JANKOWICZ-SZYMANSKA et al., 2017), comportamento observado também em adolescentes (DUFEK et al., 2012), apresentando maiores cargas nos pés durante a caminhada e a corrida (MESQUITA et al., 2018; SONG-HUA et al., 2017; MUELLER et al., 2016). Cargas mais elevadas nos pés das crianças obesas podem implicar em maior desconforto e dor em determinadas regiões do pé, contribuindo para o abandono de possíveis práticas regulares de atividade física.

Crianças mais pesadas apresentam maiores picos de pressão plantar e maior área de contato dos pés ao caminhar em diferentes velocidades, bem como durante o correr, principalmente na região do mediopé (MESQUITA et al., 2018; MUELLER et al., 2016). Song-Hua et al. (2017) registraram que em crianças obesas o pico de pressão é mais alto durante a corrida comparada à caminhada para a maioria das regiões plantares. Esses fatores podem aumentar o risco de lesões e causar dor e desconforto na infância (MUELLER et al., 2016), assim como durante as atividades diárias, físicas e esportivas (MICKLE et al., 2006).

Alguns testes que avaliam o andar (a marcha), como é o teste de caminhada de 6 minutos (6-Minute Walk Test – 6MWT), tem sido utilizado como um mecanismo para induzir algumas intensidades semelhantes às solicitadas para as atividades do dia a dia (ESCUADERO-URIBE et al., 2018; ATS, 2002), e para induzir a fadiga que costuma ocorrer após o 6MWT (VIE et al., 2016). O 6MWT consiste em caminhar a maior distância possível, sem correr nem trotar, durante seis minutos em um percurso de 20 metros (ATS, 2002). Esse teste é comumente utilizado para medir a capacidade funcional da caminhada, representando um teste de

capacidade física submáxima (ESCUADERO-URIBE et al., 2018). Além disso, o 6MWT tem sido uma ferramenta muito útil para avaliar a tolerância e a resistência ao exercício, principalmente para indivíduos com pouco condicionamento físico (REYCHLER et al., 2016). O 6MWT é validado para crianças e os dados de referência são usados para várias populações (VANDONI et al., 2018; OKURO et al., 2017; ULRICH et al., 2013; LI et al., 2005), inclusive crianças brasileiras (CACAU et al., 2018).

A caminhada é uma atividade física frequentemente recomendada para pessoas com sobrepeso e obesidade (PETRIDOU et al., 2019). Um estudo realizado com adultos obesos e eutróficos analisando as cargas plantares e a força de flexão plantar do tornozelo após o 6MWT mostrou que, mesmo atividades de intensidade moderada como o 6MWT podem alterar algumas variáveis associadas à função do pé (VIE et al., 2016). Além disso, concluíram também que as mudanças na oscilação postural foram mais evidentes na amplitude do eixo médio-lateral do CoP de indivíduos obesos depois do 6MWT.

No entanto, até onde sabemos, o efeito agudo de atividades físicas de intensidade submáxima como a caminhada em estudos analisando as variáveis do equilíbrio postural e da distribuição da pressão plantar em crianças obesas não foram reportados na literatura.

## **1.1 Objetivo geral**

Verificar os efeitos agudos de um teste de caminhada de seis minutos nas variáveis do equilíbrio postural e da distribuição de pressão plantar, em crianças obesas e crianças eutróficas.

### *1.1.1 Objetivos específicos*

- a) Analisar o deslocamento e a velocidade do CoP em crianças obesas e crianças eutróficas, antes e após a realização de um teste de caminhada de seis minutos;
- b) Comparar entre crianças obesas e crianças eutróficas o comportamento das variáveis da distribuição de pressão plantar dinâmica nas diferentes regiões do pé, nomeadamente o calcanhar, mediopé, antepé, hálux e dedos, antes e após a realização do teste de caminhada de seis minutos;
- c) Verificar a capacidade funcional de crianças obesas e crianças eutróficas por meio do teste de caminhada de seis minutos.

## **1.2 Hipóteses do estudo**

A hipótese do presente estudo considera que as crianças obesas, após a realização do teste de caminhada, deverão apresentar aumento significativo nos parâmetros do equilíbrio postural, em especial, no comportamento da velocidade do CoP. Esperamos também que as variáveis da distribuição de pressão plantar, considerando o pico de pressão plantar, a área de contato e a força máxima apresentem, após o teste de caminhada, maiores valores nas regiões do mediopé e partes anteriores do pé no grupo com obesidade.

Além disso, consideramos que no teste de caminhada de seis minutos, o desempenho funcional das crianças obesas será menor em relação a crianças eutróficas no que se refere distância percorrida. Por outro lado, a hipótese nula em nosso estudo considera que, após o teste de caminhada de seis minutos, as variáveis citadas não se alterarão de forma significativa nas crianças obesas e nas crianças eutróficas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Contextualizando a etimologia da obesidade infantil

A obesidade infantil manifesta-se quando se desenvolve uma discrepância entre a ingestão e a produção de energia de tal maneira que perturbe o estado estacionário original e promova a formação de um novo estado estacionário, agora em um nível mais alto, daí resultando em maior armazenamento de gordura corporal (KAMAL, 2017). A obesidade infantil é um dos mais sérios desafios de saúde pública do século XXI. O problema da obesidade está afetando constantemente países de baixa e média renda. Globalmente em 2010, o número de crianças menores de cinco anos com sobrepeso foi estimado em mais de 42 milhões, sendo que quase 35 milhões delas vivem em países em desenvolvimento (SAHOO et al., 2015).

Instituições e grupos de estudiosos estão envolvidos em temáticas relacionadas a obesidade. Dentre esses grupos, a Sociedade Internacional para o Estudo da Obesidade (*International Association for the Study of Obesity – IASO*), que colabora no fornecimento de novas informações sobre o tema, e tem por finalidade o aperfeiçoamento do ensino, técnicas e terapêuticas, especialmente no campo da obesidade. A IASO mantém parcerias, aqui no Brasil e no exterior, com institutos educacionais, universidades e instituições públicas, na divulgação de informações relevantes que podem ser acessadas no site da associação.

Não obstante, por exemplo, a Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e Síndrome Metabólica (ABESO), criada em 1986, salientou a importância que a obesidade vinha assumindo nos últimos anos, particularmente pela sua morbimortalidade e pelo crescimento extraordinário de publicações que o tema suscita. Assim, os profissionais da área da saúde, ligados de alguma forma a pesquisa terapêutica e orientação de pacientes com obesidade e doenças afins, foram reunidos na perspectiva de buscarem soluções para os problemas dessa natureza.

Quanto ao aspecto nutricional associado a obesidade, o ambiente alimentar mudou radicalmente nas últimas décadas, notadamente promovendo excessos nos níveis calóricos e de gordura, sendo que tais alimentos são acessíveis a todas as classes sociais. Hábitos inadequados de dormir pouco, ingestão de bebidas alcólicas, fumo, alimentação inadequada e a falta de atividade física regular contribuem para o conseqüente desencadeamento da obesidade (WRIGHT; ARONNE, 2012).

A obesidade é uma das principais causas de morbidade e mortalidade prematura nos Estados Unidos e no mundo (OGURI et al., 2016). As causas da obesidade são multifatoriais e requerem múltiplas ações coordenadas para abordar esse importante problema

de saúde pública (WANG et al., 2015). Os mecanismos responsáveis para o aumento contínuo da obesidade infantil não são ainda completamente compreendidos. No entanto, o ganho de peso claramente resulta de um desequilíbrio entre a ingestão de energia e gasto energético (NEMET, 2015).

A obesidade tem sido tratada como uma doença e está originariamente associada a vários problemas de saúde. Relatos na literatura têm evidenciado que a prevalência da obesidade infantil também levou ao surgimento de comorbidades em idade precoce (HAN et al., 2010). A obesidade infantil pode afetar negativamente quase todos os sistemas orgânicos e muitas vezes causar sérias consequências tais como hipertensão, dislipidemia, resistência à insulina, disglícemia, doença hepática gordurosa e complicações psicossociais (GÜNGÖR, 2014). É também um dos principais contributos no aumento dos gastos com saúde. Por todas estas razões, é importante prevenir a obesidade ainda na infância, identificando crianças com sobrepeso e obesas, a fim de que possam iniciar acompanhamento especializado com o objetivo de atingir e manter um peso saudável.

Além de crianças obesas correm o risco de serem acometidas por muitos problemas de saúde, a obesidade pode afetar a frequência escolar das crianças impactando negativamente por sua vez a saúde física e mental (AN et al., 2017). A obesidade pediátrica tem conquistado o holofote internacional, pois alguns pesquisadores estão canalizando atenção aos fatores comportamentais, incluindo a duração do sono, atividade física, tempo de tela e hábitos nutricionais (OLSON et al., 2015).

A obesidade em adolescentes está associada a uma alta frequência de Fatores de Risco Cardiometabólicos (FRC) e relacionada com a diminuição de escores do Questionário de Vida Relacionado à Saúde (QVRS). No entanto, apesar dos FRC influenciarem na redução da QVRS dos adolescentes, eles não são fatores determinantes para definir adequadamente a obesidade (POGODINA et al., 2017).

Não obstante, as relações entre comportamentos de estilo de vida e obesidade foram determinadas em um Estudo Internacional da Obesidade Infantil, Estilo de Vida e Meio Ambiente (*International Study on Child Obesity, Lifestyle and Environment – ISCOLE*), com a intenção de desenvolver uma pesquisa multinacional com crianças (KATZMARZYK, 2015). Esses estudiosos investigaram a influência de características de ordem mais elevada como configurações comportamentais em ambientes físico, social e político, e as relações observadas dentro e entre os países. Os resultados forneceram um exame robusto dos correlatos de adiposidade e obesidade, pelo que se destacou também novas informações relacionadas ao desenvolvimento de intervenções no estilo de vida, tanto nos fatores ambientais quanto nas

políticas destinadas a prevenir a obesidade infantil, podendo ser culturalmente adaptada para implementação mundial.

O ISCOLE recebe colaboração multinacional de todas as regiões do mundo, pelo que ilustra um esforço global no aumento da pesquisa e compreensão na obesidade infantil. Sendo assim, um levantamento mostrou que nos últimos anos, diferentes subfenótipos de obesidade têm sido descritos, incluindo a obesidade metabolicamente saudável, em que uma proporção de indivíduos obesos, apesar do excesso de gordura corporal, permanece livre de anormalidades metabólicas e aumento dos riscos cardiometabólicos.

Todavia, há discussões se essa condição é realmente benigna, e se a estratificação do risco de indivíduos obesos com base em seu estado metabólico de saúde pode oferecer novas oportunidades a abordagens mais personalizadas no diagnóstico, intervenção e tratamento (PHILLIPS, 2016). Nessa mesma perspectiva, CESCHIA et al., (2015) demonstraram os efeitos deletérios da obesidade na aptidão física de crianças pré-púberes.

### *2.1.1 Aspectos epidemiológicos da obesidade*

A obesidade e outras doenças crônicas relacionadas a dieta surgiram como os maiores fatores da morbidade e mortalidade prematura em todo o mundo. Esse aumento levou a chamadas generalizadas no monitoramento regular de mudanças na prevalência de sobrepeso e obesidade em todas as populações (HURT et al., 2010). Contudo, informações comparativas e atualizadas sobre níveis e tendências da obesidade são essenciais para quantificar os efeitos na saúde e para levar os tomadores de decisão a priorizarem ações.

Os principais achados de HURT et al., (2010) foram que, globalmente, a proporção de adultos com um índice de massa corporal de 25 ou mais, aumentou 28,8% para homens, em 1980, e 36,9%, em 2013; para mulheres esse aumento foi de 29,8% para 38,0%. Aumentos nessa população também foram observados nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, tal que a prevalência de excesso de peso e obesidade também está aumentando entre crianças e adolescentes em países em desenvolvimento, de 8,1% em 1980, para 12,9% em 2013, no caso dos meninos, e de 8,4% para 13,4% no caso das meninas (NG et al., 2014).

Esses mesmos autores descrevem que, desde 2006, o aumento da obesidade em adultos nos países desenvolvidos se estabilizou. Porém, concluíram que devido aos riscos de saúde estabelecidos e aumentos substanciais na prevalência, a obesidade tornou-se um grande desafio global à saúde. Ao contrário de outros grandes riscos globais, há pouca evidência de

estratégias bem-sucedidas de intervenção em nível populacional para reduzir a exposição à obesidade.

No Brasil, de acordo com estudos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o sobrepeso e a obesidade vêm aumentando em todas as faixas etárias de ambos os sexos e em todos os níveis de renda (IBGE, 2010). Conforme levantamento do Ministério da Saúde, entre 2006 e 2016, o índice de brasileiros com obesidade passou de 11,8% para 18,9%. Ademais, uma em cada cinco pessoas no país está acima do peso, segundo a Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL), realizada em todas as capitais brasileiras (BRASIL, 2017).

Em termos mundiais, a Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization* – WHO) faz saber que a obesidade é registrada em toda a fase da vida humana, desde a infância, passando pela adolescência até a fase adulta, tendo consequências na saúde física e psicológica das pessoas em todas essas fases (WHO, 2016). A propósito, pesquisas realizadas em 2016 pelo Ministério da Saúde não fizeram mais do que constatar o crescimento da obesidade, sendo fator responsável pelo aumento e prevalência das chamadas Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT), nomeadamente diabetes e hipertensão, as quais por sua vez influenciam a condição de vida do brasileiro (BRASIL, 2017).

## **2.2 Componentes da composição corporal na obesidade**

O índice de massa corporal (IMC) é bastante utilizado na área da saúde, sendo um bom indicador de classificação nutricional, embora não totalmente correlacionado com a distribuição da gordura corporal (BROWN et al., 2016). A partir de registros do IMC, definições de sobrepeso e obesidade infantil internacionalmente aceitáveis foram propostas por estudiosos, especificando a medição, a população de referência e os pontos de corte específicos para idade e sexo (COLE et al., 2000). A pesquisa desses autores com quase 100 mil homens e 100 mil mulheres, com registros do IMC desde o nascimento até 25 anos de idade, apresentou pontos de corte de 25 e 30 kg/m<sup>2</sup> para adultos, identificados como sobrepeso e obesidade, respectivamente. Dessa forma, as curvas resultantes foram médias para fornecer pontos de corte específicos para idade e sexo de indivíduos de 2 a 18 anos, sendo menos arbitrários e ajudando a fornecer taxas de prevalência internacionalmente comparáveis de sobrepeso e obesidade em crianças.

O IMC oferece uma medida razoável para avaliar a gordura e que os padrões costumavam identificar sobrepeso e obesidade em crianças e adolescentes, concordando com

os padrões usados para identificar o sobrepeso e a obesidade em indivíduos adultos (IMC de 25 e 30 kg/m<sup>2</sup>, respectivamente) (DIETZ; ROBINSON, 1998). A Organização Mundial de Saúde (OMS) adota uma tabela de classificação do IMC para a população em geral, excluindo gestantes e atletas. Na interpretação feita referente ao estudo do IMC com crianças, a OMS atualmente estabelece níveis associados aos da população adulta (WHO, 2013). No ambiente clínico, técnicas como IMC, circunferência da cintura e espessura das dobras cutâneas têm sido usados extensivamente para associações com a classificação nutricional. Embora esses métodos sejam menos precisos do que os métodos de pesquisa denominados padrão-ouro, eles são satisfatórios para identificar o risco de problemas de saúde (SAHOO et al., 2015).

Tomado como indicador de obesidade, o IMC pressupõe que qualquer estatura, dada uma mudança na massa corporal, é atribuída a uma mudança na gordura corporal. Isso parece problemático na juventude em processo de crescimento, pois há evidências divergentes quanto ao desenvolvimento de tecido ósseo, muscular e adiposo (BROWN et al., 2016). Para efeito de estudos epidemiológicos, os pontos de corte, segundo o Centro de Prevenção e Controle de Doenças (*Centers for Disease Control and Prevention* – CDC), identificam valores em percentis para classificação de sobrepeso e obeso, respectivamente,  $\geq 85^{\circ}$  e  $\geq 95^{\circ}$ . A WHO adota Z-score como referência para a classificação dos limites delimitadores do excesso de peso, sendo  $>1$  DP, e para obesidade  $>2$ DP acima da mediana (BROWN et al., 2016).

Os diagnósticos de obesidade em crianças são geralmente determinados pelo cálculo do IMC. Os valores são então plotados em gráficos de crescimento específicos para idade e sexo. Embora o IMC seja considerado a melhor medida de obesidade em crianças que temos atualmente, ele tem limitações significativas, como não ser uma medida direta da adiposidade e nem enfatizar o grau de excesso de peso, especialmente em crianças altas e magras (TYSON; FRANK, 2017). Estudos de validação em crianças de 2 a 19 anos com base no peso e na altura foram registrados através do IMC em triagens comparativas com métodos que realizaram medições mais específicas quanto a avaliação da composição corporal, mostrando que o desempenho do IMC para a idade é um método importante para a detecção de excesso de peso (MEI et al., 2002).

O IMC é amplamente utilizado como fator de risco para o desenvolvimento de várias questões do sistema de saúde, sendo amplamente utilizado para determinar políticas de saúde pública (NUTALL, 2015). Além disso, o IMC tem sido útil em estudos de base populacional em virtude de sua ampla aceitação na definição de categorias específicas de massa corporal como um problema de saúde. A literatura tem utilizado pontos de corte do IMC específicos para a classificação de crianças com sobrepeso e obesidade (COLE et al., 2000).

Outra forma de identificar o grau do excesso de peso é através da avaliação da composição corporal. Os métodos utilizados mais recentemente para determinar a composição corporal humana *in vivo* foram analisados e justificados os benefícios (CASTRO *et al.*, 2018; OLIOSA *et al.*, 2019). Esses métodos são continuamente aperfeiçoados, porém, os mais usuais são: a Análise de Impedância Bioelétrica (*Bioelectrical Impedance Analysis – BIA*), Pletismografia por Deslocamento de Ar, Densitometria por Dupla Emissão de Raios-X (*Dual-energy X-ray Absorptiometry – DXA*), e Ressonância Magnética ou Espectroscopia de Ressonância Magnética. Coletivamente, esses métodos permitem medição de gordura, massa isenta de gordura, conteúdo mineral ósseo, água corporal total, água extracelular, tecido adiposo total e seus subpontos (visceral, subcutâneo e intermuscular), músculo do sistema esquelético, órgãos e depósitos de gordura (LEE; GALLAGHER, 2008).

A composição corporal foi comparada em diferentes equipamentos e mostrou reprodutibilidade, apresentando correlação nas médias estimadas por análise de BIA, comparadas ao método referência DXA (CASTRO *et al.*, 2018). Os resultados mostraram que a medição do percentual de gordura corporal estimada pela bioimpedância exibiu reprodutibilidade quase perfeita, concluindo que a BIA tem uma correlação elevada com o método de referência.

### **2.3 Equilíbrio corporal, marcha e obesidade**

Muitos dos problemas musculoesqueléticos comuns em crianças, adolescentes e adultos podem ser implicações do sobrepeso e obesidade e da falta de atividade física (SHULTZ *et al.*, 2014). Há evidências de que a obesidade pode ter um efeito sobre as estruturas dos tecidos moles como tendão, fáscia e cartilagem, embora o mecanismo não seja claro, as limitações funcionais e estruturais impostas pelo carregamento adicional do sistema locomotor aumentam indevidamente o estresse dentro das estruturas do tecido conjuntivo e o potencial de lesões musculoesqueléticas (WEARING *et al.*, 2006). Tem sido examinado o efeito da obesidade na população infantil e de adolescentes nos aspectos relacionados ao equilíbrio corporal e na distribuição de pressão plantar (ROCHA *et al.*, 2014; D’HONDT *et al.*, 2011).

#### *2.3.1 Equilíbrio corporal e marcha*

O equilíbrio postural envolve controlar a posição do corpo no espaço por propósitos duplos de estabilidade e orientação (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010). De acordo com esses autores, para compreender o controle postural no indivíduo, deve-se entender a tarefa a ser executada e o efeito que o ambiente exerce nela, revelando que a habilidade de controlar

a posição do próprio corpo no espaço é fundamental para a realização de todas as tarefas, considerando que cada tarefa tem um componente de orientação e de estabilidade. Essa estabilidade postural, também definida como equilíbrio, é a habilidade de controlar o centro de massa em relação a base de sustentação.

Os efeitos da obesidade estão associados a limitações funcionais na atividade muscular e uma maior probabilidade de desenvolver uma deficiência funcional com efeito na mobilidade, com diminuição da força e do equilíbrio postural (TOMLINSON et al., 2016). Na verdade, problemas musculoesqueléticos, bem como a falta de atividade física, têm sido associados à obesidade comum em crianças, adolescentes e adultos (SHULTZ et al., 2014).

Estudo realizado com adultos saudáveis avaliou a correlação entre o IMC e o controle postural dinâmico por meio de testes práticos de equilíbrio, mostrando influência significativa do IMC nas direções laterais, tanto no sentido anterior quanto posterior (SWARNALATHA et al., 2018). Por outro lado, a análise do deslocamento do CoP tem sido utilizada para avaliar o equilíbrio postural em crianças (D'HONDT et al., 2011; WEARING et al., 2006). Nessa perspectiva, a relevância do nosso estudo é satisfatória no que se refere à observação do equilíbrio corporal durante as atividades diárias, bem como nas atividades esportivas e recreativas, uma vez que alterações nas variáveis do CoP podem afetar o desempenho de determinadas tarefas, principalmente aquelas relacionadas às habilidades motoras e ao equilíbrio postural.

O ato de deslocar-se na posição bípede faz com que o indivíduo necessite de manutenção contínua do equilíbrio para garantir um andar eficiente. No entanto, vários outros fatores participam de forma ativa do ciclo da marcha durante o simples ato de andar (caminhar). A caminhada é o exercício físico mais recomendado para a população em geral, em especial para os menos condicionados (VANDONI et al., 2018; RETORY et al., 2016). Nessa perspectiva, vários equipamentos são utilizados para avaliar a atividade de caminhada, desde os mais simples até os mais sofisticados em laboratórios especializados com uso de luz infravermelha nos segmentos das articulações envolvidas no movimento.

A adaptação no controle do equilíbrio no início da marcha, tanto em velocidade lenta quanto rápida, foi medida em um grupo de adolescentes obesos e de peso normal para identificar os limites de estabilidade postural, e os resultados mostraram que as consequências do excesso de peso são mais claramente evidenciadas no equilíbrio dinâmico do que no equilíbrio estático (COLNÉ et al., 2008). Esses aspectos mostram que a obesidade age como um fator de desaceleração na execução da marcha pela maior inércia que precisa ser vencida em virtude da sua massa corporal, sugerindo que nesses sujeitos, uma estratégia adaptativa é

adotada para preservar o equilíbrio, limitando a velocidade de progressão. O andar requer uma quantidade significativa de recursos atencionais em crianças que são dependentes de processos visuais para a execução da caminhada (CHAUVEL et al., 2017).

O uso de medidas validadas do andar e do equilíbrio é crucial para estabelecer uma linha de base com dados de normalidade para uma população e, assim, avaliar a eficácia das intervenções terapêuticas (GUFFEY et al., 2016). Esses autores comentaram que a execução da marcha em crianças muda com o desenvolvimento motor e requer observações frequentes para acompanhar efetivamente o progresso. Com isso, concluíram que uma maior compreensão da relação entre marcha e o equilíbrio postural proporcionaria informações relevantes quanto à eficácia de programas de reabilitação, além de poder servir de guias para as alterações do acompanhamento.

Relações entre o movimento intersegmentar do pé e o percentual de gordura corporal foram registradas durante a marcha de crianças tal que se demonstrou que a maior massa de gordura previu maior flexão plantar, identificando um tipo de pé mais pronado em meninos com maior massa de gordura corporal. Esses achados têm implicações clínicas quanto a uma predisposição à dor e desconforto durante as atividades que requerem sobrecarga, reduzindo potencialmente a motivação em crianças obesas para serem fisicamente ativas (MAHAFFEY et al., 2016).

Além da discussão sobre o equilíbrio corporal, que a partir do deslocamento do CoP permite identificar as oscilações posturais, o comportamento da distribuição de pressão plantar também pode contribuir na compreensão do efeito agudo de uma atividade como a caminhada de intensidade moderada, nas variáveis biomecânicas do pé.

### 2.3.2 A *marcha humana*

Um tipo de locomoção humana que permite mover o corpo pelo movimento rítmico e alternado do tronco e extremidades dos membros inferiores tem sido definida como marcha (WINTER, 2005; HENNIG, 1999). A marcha humana é uma forma relativamente exclusiva de locomoção, apresentando eficiência e funcionalidade únicas (ROSE; GAMBLE, 1998). Além disso, de acordo com WINTER (2005), a marcha é o movimento humano mais comum, complexo e totalmente integrado. A marcha é uma tarefa funcional que exige interações complexas e coordenação entre muitas das principais articulações do corpo, particularmente, na extremidade inferior (NORDIN; FRANKEL, 2003).

A habilidade de andar ereto é uma das características determinantes do ser humano, embora o movimento rítmico aparentemente sem esforço, o ato de andar é um evento contínuo

que se constitui em transferir peso de um membro inferior para o outro, com o objetivo de avançar o corpo para frente, como se fossem sucessivos desequilíbrios (ROSE; GAMBLE, 1998).

Compreender os aspectos cinemáticos da marcha envolve interpretar os deslocamentos lineares e angulares entre os segmentos e o tempo de execução de cada ação, na fase de apoio e a fase de balanço (EGERTON et al., 2014; GRABINER et al., 2001). A combinação natural de mobilidade articular, força muscular, controle neural e energia conduzem a uma determinada velocidade de marcha, comprimento de passada e frequência de passo (PERRY, 2005).

Uma das formas objetivas de avaliar a marcha é com a utilização de um tapete eletrônico com sensores para medição automatizada de parâmetros espaço-temporais que apresente confiabilidade para quantificação de parâmetros espaciais e temporais da marcha. O sistema GaitRite (CIR systems) mostra forte validade concorrente e confiabilidade do reteste (BILNEY et al., 2003). Padrões normativos de parâmetros temporais e espaciais da marcha foram registrados em crianças com idade entre 1 e 10 anos, utilizando o GaitRite. O teste verificou se a confiabilidade para avaliar a marcha em crianças é semelhante à de adultos (DUSING; THORPE, 2007). Os parâmetros da marcha foram semelhantes aos relatados em estudos anteriores, podendo ser útil para clínicos e pesquisadores para avaliação clínica da população.

O fator obesidade parece influenciar o desenvolvimento da marcha, MENG et al., (2017), em estudo realizado com adultos, consideraram que as medidas de composição corporal e as características da marcha avaliadas no GaitRite, em especial as variáveis velocidade do andar, o comprimento do passo, comprimento da passada, o tempo de apoio simples, tempo de apoio duplo e tempo de balanço foram altamente correlacionadas com IMC e massa corporal em vez de percentual de gordura, sugerindo que a massa absoluta é mais influente nas características da marcha do que a quantidade de tecido adiposo. Entretanto, essas informações quanto a crianças com obesidade ainda precisam de mais estudos na literatura.

Os parâmetros da marcha em diferentes situações durante o andar sobre o GaitRite foram mensurados em dois grupos etários (7–9 e 10–12 anos) em três condições: assistindo a um vídeo (condição de vídeo), ouvindo uma trilha sonora (condição de áudio) e somente andando (condição de controle) (CHAUVEL et al., 2017). Os resultados mostraram aumento da velocidade da marcha em situação de dupla tarefa em comparação com a tarefa simples de andar. Na análise comparativa de parâmetros espaço-temporais da marcha e o trabalho mecânico na região do quadril entre crianças obesas e não obesas, durante a marcha em

velocidade autosselecionada, foi identificado que crianças obesas diminuem significativamente o trabalho mecânico realizado nos músculos extensores do quadril para a aceitação do peso, enquanto que ocorreu a ação de flexores do quadril mais cedo nessa região para a realização do ciclo da marcha (NANTEL et al., 2006).

A possibilidade de estimativa de idade com base em dados espaço-temporais da marcha foi descrita por GUO et al., (2017). Os resultados demonstraram que o GaitRite pode ser usado para classificação da marcha em normal/patológica, apoiando o desenvolvimento de uma medida real que possa ser relacionada com as anormalidades da marcha em crianças, e capaz de fornecer feedback importante aos profissionais de saúde quanto ao efeito das intervenções de reabilitação, além de ajudar a direcionar quanto às modificações no tratamento.

A avaliação da marcha para uma correta prescrição e monitoramento, considerando um bom acompanhamento do indivíduo, requer que os pacientes possam acessar fisicamente as clínicas com equipamentos especializados. Contudo, a disponibilidade de tal infra-estrutura na frequência certa é especialmente importante para o acompanhamento das crianças pequenas, porém, isso não é uma realidade ao alcance de todos. Além de serem equipamentos muito caros, a avaliação da marcha ainda é um desafio para muitas crianças que vivem em áreas rurais (MOTILIAN et al., 2015).

### *2.3.3 Distribuição de pressão plantar dinâmica*

A articulação do pé, considerando os ossos do tornozelo e dos dedos, forma uma estrutura óssea importante para fixação ligamentar e ação muscular, sendo capaz de adaptar a posição do pé quanto às irregularidades do solo, funcionando como uma estrutura rígida durante a marcha e a sustentação do peso corporal (TORTORA, 2007). Em função das características dos seus componentes e a forma peculiar como interagem, o pé possui a capacidade de proporcionar ao corpo humano uma base estável que confere, de forma eficiente, não só o suporte e o equilíbrio, mas também uma estabilidade adequada durante o processo da marcha (ABBOUD, 2002).

A estrutura do pé fornece durante a fase de apoio: suporte de sustentação de peso, forças propulsivas para locomoção e absorção de choque para distribuição de forças de impacto durante o contato inicial do pé com o solo na execução da marcha (KLENERMAN, 1991). O pé é o segmento final na extremidade do membro inferior, ele deve transferir as forças de locomoção para o ambiente e, para ser eficiente, esta transmissão deve ser adaptada às diversidades do terreno enquanto simultaneamente mantém a estabilidade e distribuição de carga (ABU-FARAJ et al., 2015).

Nesse sentido, as forças de reação do solo no ato da marcha também podem ser investigadas a partir da distribuição de pressão plantar. A pressão plantar é definida como a pressão exercida na região da planta do pé durante contato com a superfície (MORAG; CAVANAGH, 1999). Esses autores revelam que a mensuração dinâmica do pico de pressão plantar é importante, pois pode revelar a intensidade de estresses normais sobre a planta dos pés em condição de movimento, como a marcha, permitindo prevenção e intervenção sob condições patológicas relacionadas, a fim de recuperar a função biomecânica dos pés.

Os aspectos históricos, procedimentos de mensuração, sistemas de avaliação e aplicações relacionados a análise da pressão plantar foram descritos pelo que se mostrou a importância dessas mensurações para o conhecimento da estrutura e função do pé, descrevendo a aplicação clínica destas medidas no movimento humano de indivíduos obesos e diabéticos (FILIPPIN et al., 2007). Além disso, o estudo indicou que em crianças, essa pressão plantar parece depender das informações sensoriais como a sensibilidade plantar para sua regulação. Sabe-se ainda que, a informação sensorial da superfície cutânea plantar está envolvida na manutenção do controle postural, agindo como resultante da produção de padrões de atividade muscular necessários para manter a relação entre a projeção do centro de massa e a base de sustentação durante a postura em pé (HORAK et al., 1989).

Entre outras consequências adversas, sabe-se que a obesidade infantil influencia a estrutura e a funcionalidade do pé. Há informações disponíveis sobre como a interação fisiológica entre o contato do pé com o solo é modificada quando existe alteração na massa corporal (PAU et al., 2013). Um corpo de evidências crescente mostra que a obesidade tem um efeito negativo sobre o desenvolvimento, tratamento e desfecho de patologias dos membros inferiores (PIROZZI et al., 2014). Esses autores descreveram a relação entre o IMC e o pico de pressão plantar durante a marcha, testando o pico de pressão plantar sob múltiplas condições, com os voluntários adultos agindo como seus próprios controles e, a medida do desfecho primário foi aumento estatisticamente significativo no pico de pressão plantar observado com o aumento do IMC, concluindo que a pressão plantar aumenta com a maior massa corporal.

Os efeitos da obesidade na pressão plantar, gerada por crianças pré-escolares, foram analisados durante a marcha. As variáveis indicaram que crianças obesas exibiam áreas de contato maiores e geravam forças maiores, significativamente, na superfície plantar, no pé inteiro, em especial, calcanhar, mediopé e antepé, em comparação com crianças não obesas (MICKLE et al., 2006). Esses autores concluíram que crianças obesas apresentam maior contato com a área do mediopé, resultando em pressão plantar do mediopé mais alta, por esta área ser exposta a um aumento de estresse.

Dados normativos para a distribuição de pressão plantar foram levantados a fim de apoiar decisões sobre o desenvolvimento do pé durante a infância (BOSCH et al., 2010). Esse estudo acompanhou as crianças pelo período de 6 a 48 meses avaliando as medidas de pressão plantar durante a marcha, e observou um aumento significativo do pico de pressão para a região do mediopé com o passar dos anos e com uma diminuição da área de contato em 9% por ano.

Os efeitos da obesidade na distribuição de pressão plantar estática e dinâmica foram avaliados usando uma plataforma de pressão Emed AT-4 (Novel gmbh, Munique) para medir o pico de pressão e a força experimentada em áreas específicas da planta do pé. Os resultados foram comparados com crianças não obesas e indicaram que, em situação estática, as crianças obesas geraram forças e picos de pressão plantar significativamente maiores que as crianças não obesas (DOWLING et al., 2004). Esses autores comentaram que na situação dinâmica durante a marcha as crianças obesas geraram forças significativamente maiores sobre todas as áreas, exceto nos dedos dos pés, concluindo que as crianças obesas correm um risco maior de desenvolver desconforto no pé e patologias devido ao aumento das cargas plantares suportadas pelos pequenos ossos do ante pé.

Nesse sentido, parece ser relevante registrar que os efeitos da obesidade sobre as características estruturais e funcionais dos pés de crianças obesas ainda necessitam de mais investigações sobre essa temática. Nessa perspectiva, um teste registrou a distribuição de pressão plantar durante o andar e o correr, indicando que o pico de pressão plantar é maior na região do mediopé e no pé inteiro quando comparada crianças obesas e não obesas (MESQUITA et al., 2018).

Imagens de pressão plantar dinâmica são rotineiramente usadas na avaliação clínica da marcha, do pico de pressão, da pressão média e da integral pressão-tempo entre jovens, adultos e idosos (KEIJERS et al., 2010). Esses autores enfatizaram que a pressão plantar média foi altamente correlacionada com o pico de pressão e os resultados mostraram duas implicações principais: (1), considera que os parâmetros do pico de pressão plantar e pressão plantar média podem ser razoavelmente comparados entre os estudos, mesmo entre os parâmetros, e (2) que as variáveis mais comumente utilizadas para caracterizar a pressão plantar são altamente intercorrelacionadas, implicando que um conjunto menor de parâmetros pode eficientemente capturar o comportamento biomecânico de interesse.

Um aumento gradual nos valores do pico de pressão plantar durante o andar de crianças com idade entre 5 a 10 anos foi identificado, e essa maturidade de carga na região plantar parece ocorrer entre 5 e 6 anos de idade (MESQUITA et al., 2018). Nesta pesquisa mostrou-se que os maiores valores de cargas plantares, observados no grupo de 6 anos de idade

em comparação com 4 e 5 anos, podem relacionar-se a maior velocidade e habilidade técnica de corrida, pelo que se concluiu que aumentando-se a idade, o movimento de rolagem é mais pronunciada e ocorre o aumento na velocidade.

Os dados de pressão plantar em crianças de 4 a 7 anos, de ambos os sexos, foram analisados via normalização por massa corporal e/ou IMC com o intuito de orientar estudos futuros. Os resultados mostraram que ocorrem mudanças na distribuição de pressão plantar com o aumento da idade (PHETHEAN; NESTER, 2012). Também os autores avaliaram o pico de pressão plantar em nove áreas sob o pé: calcâneo medial e lateral, mediopé, cada um dos cinco metatarsos no antepé e o hálux. Os registros não revelaram diferença entre os sexos, concluindo ser importante a normalização do pico de pressão plantar com a massa corporal ou IMC no procedimento para as medições. Estudo semelhante com crianças pré-púberes mostrou pico de pressão plantar sob as cabeças metatarsais significativamente maiores para os obesos, assim como o pico de pressão sob os dedos e mediopé, concluindo que as crianças obesas têm menor estabilidade no andar e com alterações dinâmicas da distribuição de pressão plantar em comparação com crianças não obesas (SONG-HUA et al., 2013).

A maior carga no pé durante a marcha tem sido investigada na literatura, como é observado em um estudo que fez associação entre o IMC, que caracteriza a obesidade infantil, e distribuição de pressão plantar durante a corrida. Participaram crianças com idade entre 5 e 10 anos, em que se avaliou o pico de pressão plantar usando uma plataforma de pressão Emed AT-4 durante uma corrida na velocidade autosselecionada (SONG-HUA et al., 2017). Esses pesquisadores mostraram que o pico de pressão no pé inteiro, mediopé e antepé foram correlacionados com o maior IMC.

Em relação a outros parâmetros baropodométricos, crianças obesas geraram mais forças durante a corrida e tinham uma área de contato maior em todas as regiões do pé, exceto no hálux (MESQUITA et al., 2018). Estes achados evidenciam que a obesidade infantil está associada ao aumento da pressão plantar durante a corrida, apoiando o conceito de que crianças obesas correm maior risco de desenvolver desconforto e dor nos pés. Pesquisa semelhante, na qual se avaliou a distribuição de pressão plantar durante o correr, foi realizada com crianças obesas e não obesas. Todavia, os resultados não mostraram com clareza qual o impacto da ação de correr na pressão plantar (SONG-HUA et al., 2017). No entanto, foi possível avaliar os efeitos biomecânicos concluindo que a distribuição de pressão plantar aumenta entre os obesos, ou seja, um indicativo de que a corrida lenta causa mais estresse às extremidades inferiores e que, talvez, não se deva considerar a corrida, mesmo lenta, como um exercício regular para crianças obesas.

A distribuição de pressão plantar avaliada em tapete instrumentalizado foi medida durante a marcha de crianças com idade entre 1 e 12 anos, classificadas com base no IMC como peso normal, sobrepeso e obesidade, sendo analisadas as variáveis área de contato, índice do arco plantar, pico de pressão e força (MUELLER et al., 2016). Os resultados mostraram que a massa corporal adicional leva a uma carga global mais alta, com impacto desproporcional na área do mediopé e no arco plantar. Esses autores relataram ainda que os pés de crianças de um e dois anos de idade são significativamente afetados, considerando que a sobrecarga e a obesidade na infância não são compensados pelo sistema musculoesquelético e, para evitar essas cargas excessivas no pé, estratégias de prevenção devem ser validadas para crianças com IMC elevado e alterações funcionais no pé. Concluíram que os valores de pressão plantar apresentados podem servir como dados de referência para identificar padrões suspeitos de cargas excessivas nas estruturas dos pés das crianças.

As relações entre as medidas clínicas da postura estática do pé e os registros do pico de pressão plantar entre jovens e adultos saudáveis foram examinadas por JONELY *et al.*, (2011) durante a postura estática e o andar. Os autores analisaram as medidas clínicas que incluíam índice do arco plantar, pico de pressão plantar sob o hálux, antepé medial, mediopé medial e calcanhar medial, obtidas durante o andar. Esses achados indicaram que em participantes saudáveis, as posturas do pé estão associadas a maiores pressões sob o hálux e mediopé medial. O impacto da obesidade também foi investigado em relação aos padrões de pressão plantar da população adulta trabalhadora, dividida e classificada em dois grupos de acordo com o IMC, avaliados em oito regiões da área plantar com foco na área de contato e pico de pressão (LEIDECKER et al., 2016). Esses pesquisadores compararam os resultados de indivíduos obesos e não obesos e mostraram que o pico de pressão foi mais alto no mediopé e antepé nos obesos e, em relação à força máxima, foi detectada diferença estatisticamente significativa na região dos dedos, com valor menor entre os obesos e, entre os não obesos, a área de contato no pé total e no mediopé foi menor, concluindo que a carga está aumentando muito em toda a área plantar, especialmente no mediopé e na região do antepé de indivíduos obesos.

Com o intuito de verificar padrões da distribuição de pressão plantar em adultos obesos e não obesos, foi verificada a contribuição da amplitude de movimento na velocidade da marcha (BUTTERWORTH et al., 2015). Os participantes desse estudo foram classificados pelo IMC e avaliados quanto à estrutura do pé e a sensação de dor, além da medição da pressão plantar obtida através de um sistema de manta com sensores resistivos montado no chão. Concluiu-se que os indivíduos obesos exibiram maior pressão plantar na execução da marcha. Esses mesmos autores, considerando agora a estrutura do pé e a velocidade da marcha,

mostraram associação significativa do peso corporal com a carga elevada no pé, particularmente no antepé e mediopé. Esses achados sugerem que a obesidade aumenta as tensões aplicadas diretamente ao pé através do aumento do peso corporal e, indiretamente, através de alterações estruturais do pé, o que pode explicar em parte a ligação entre a obesidade e o desenvolvimento da dor no pé. Assim, clínicos que lidam com problemas nos pés da população devem considerar o efeito do aumento do peso corporal na carga plantar em pacientes obesos.

## **2.4 Obesidade e desempenho motor**

A obesidade infantil também tem trazido efeitos negativos quanto a participação nos esportes. A análise da composição corporal em 12.407 adolescentes de 12 a 19 anos mostrou associação entre o excesso de peso e a lesão esportiva, em especial, as lesões por esforço agudo ou repetitivo sofrido durante o esporte (EZZAT et al., 2016). Esses mesmos autores relataram também que houve interação entre o exercício físico e a composição corporal em um subgrupo de adolescentes praticantes de atividade física, concluindo-se que é necessário pensar nas características específicas da modalidade esportiva a ser oferecida e na mensuração do tempo de abrangência que a criança fica exposta ao esporte.

A obesidade foi relacionada a problemas de desempenho motor em crianças na faixa etária entre 10 e 13 anos, divididas em grupos de obesas e de peso saudável. Não obstante, avaliou-se a composição corporal através da densitometria óssea, a capacidade de locomoção pelo teste de caminhada de seis minutos, além da medição de outras habilidades associadas a mobilidade como o Teste de Escadas (TE) e o Timed Up and Go (TUG), sendo que a QVRS também foi investigada através de questionário padronizado (TSIROS et al., 2013). Os resultados mostraram que as crianças obesas tiveram escores da QVRS mais baixos, distância reduzida na locomoção, além de menor pontuação na análise do TE e TUG. Ademais, o valor do percentual de gordura corporal foi significativamente superior para os menores escores físicos, pelo que se concluiu que a obesidade parece prejudicar o desempenho físico em crianças, incluindo as habilidades de locomoção

Os baixos escores de desempenho motor foram analisados em crianças obesas na hipótese de que má coordenação poderia ser atribuída à obesidade, ou se o peso relacionado a restrições morfológicas também poderia afetar o desempenho motor (CHIVERS et al., 2013). Participaram do estudo crianças e adolescentes classificadas como obesas com base nos pontos de corte da Força Tarefa Internacional. A prevalência de participantes com excesso de peso classificados quanto a tarefa motora como tendo dificuldade variando de leve ou moderada não

diferiu do grupo de peso normal aos 10 anos, mas foi maior aos 14 anos. Não houve diferença significativa na pontuação do desempenho motor geral entre grupos de status de peso aos 10 anos, mas aos 14 anos, o grupo de peso normal alcançou melhores pontuações do que o grupo obeso.

O nível de desempenho nas habilidades de locomoção é altamente associado a magnitude da atividade física e ao desenvolvimento da obesidade. Esta relação não é bem investigada entre faixas etárias menores. Com efeito, um estudo piloto verificou a diferença no nível de aptidão locomotora entre crianças do peso normal e com sobrepeso/obesidade (FREUDENTHALER et al., 2015). A aptidão física de crianças pré-escolares com idade entre 4 e 5 anos foi avaliada por testes de saltar e correr. As crianças de peso normal apresentaram melhores performances nos testes em relação às crianças com excesso de peso.

No que se refere a aptidão aeróbia, o sistema cardiovascular é o responsável em integrar o corpo como uma unidade e proporcionar aos músculos ativos uma corrente contínua de nutrientes e oxigênio, de modo que aquela atividade possa ser mantida em um alto rendimento energético (McARDLE et al., 2008). Relatos na literatura têm demonstrado a crescente prevalência da obesidade pediátrica e complicações metabólicas relacionadas principalmente com uma menor aptidão aeróbia (LANG, 2018). Todos os programas de atividade física devem ser elaborados com a finalidade de desenvolver as capacidades fisiológicas específicas necessárias para realizar uma determinada habilidade ou atividade desportiva, nomeadamente as atividades com características aeróbias, que envolvem os músculos esqueléticos, o sistema cardiorrespiratório e a função muscular (FOSS; KETEYIAN, 2000).

Vários testes podem ser utilizados para a mensuração da aptidão aeróbia, tanto aqueles realizados em laboratórios quanto em campo. Dentre os testes de caminhada descritos na literatura para avaliação da capacidade funcional, o 6MWT é um teste seguro, fácil de administrar, melhor tolerado pelos executantes e reflete melhor as atividades da vida diária do que outros testes de caminhada (ATS, 2002). Uma parte da literatura destaca a relação entre o 6MWT e  $VO_2$  de pico, mas infelizmente como em outras equações de predição, é de utilidade limitada (ROSS et al., 2010). Foi sugerido que o trabalho produzido no 6MWT, que é o produto da distância percorrida e o peso corporal, seja usado como um meio alternativo de medir a capacidade funcional de marcha (IWANA et al., 2009). O efeito do peso corporal na distância percorrida no 6MWT em indivíduos adultos com sobrepeso e obesos comparados a adultos de peso normal mostrou que o aumento do IMC reduz a capacidade funcional e a aptidão aeróbia do indivíduo (MANAWAT; SHWETA, 2018).

A reprodutibilidade do 6MWT realizada em crianças e adolescentes com obesidade foi verificado através de teste e reteste para descrição da capacidade de locomoção desta população e para comparação com os valores de referência em crianças com peso normal (MORINDER et al., 2009). Esses autores descreveram os resultados do 6MWT em 250 crianças obesas com idade entre 8 e 16 anos, concluindo haver reprodutibilidade adequada, podendo ser recomendado para uso na prática clínica.

A análise da aptidão aeróbia com a utilização do 6MWT verificou que, para o desempenho durante os primeiros dois minutos do teste de caminhada, os indivíduos alcançam uma distância média de 186m, enquanto que para o tempo de 6 minutos, a distância alcança em média 543m (BOHANNON et al., 2014). A confiabilidade das distâncias cobertas em 2 e 6 minutos, e a relação das distâncias percorridas também, fornecem suporte para uso de um teste de caminhada de 2 minutos como componente de resistência na bateria de testes motores em indivíduos com baixo nível de aptidão física.

O 6MWT tem sido usado em ambientes clínicos e de pesquisa para avaliar o desempenho da marcha em uma variedade de condições e de populações (OKURO *et al.*, 2017). Nesse sentido, o desempenho no 6MWT avaliado em escolares na faixa etária entre 8 a 10 anos, divididos em três grupos – eutrófico, excesso de peso e obeso – não mostrou diferença estatisticamente significativa nas distâncias percorridas entre os grupos, de acordo com os valores de referência. Porém, a frequência cardíaca final do teste foi significativamente maior entre as crianças com excesso de peso e obesidade (CIBINELLO *et al.*, 2017)

### **3 MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização do estudo**

O desenvolvimento deste estudo se caracteriza como um estudo transversal com abordagem quantitativa. Adota-se dois grupos, grupo obeso e grupo eutrófico, em situação pré e pós atividade de caminhada.

#### **3.2 Participantes**

Por se tratar de um estudo com seres humanos, o projeto foi encaminhado para apreciação do Comitê de Ética de Pesquisa da Faculdade de Saúde da Universidade de Brasília, sendo aprovado no que se refere a relevância, objetivos e métodos utilizados para a investigação (processo no. 2.599.767/2018). Os participantes do estudo foram crianças matriculadas na rede pública de ensino fundamental na região do Distrito Federal. A seleção se deu por conveniência através de convite endereçado à direção das escolas, com apresentação prévia dos objetivos e a metodologia a ser utilizada na pesquisa, e concordância por escrito dos responsáveis pelas crianças.

As escolas parceiras disponibilizaram 100 estudantes para participarem do estudo, no entanto a amostra foi composta por 62 crianças (37 meninas) divididas em 2 grupos de acordo com a classificação do IMC, a partir dos pontos de corte estabelecidos na literatura para o grupo eutrófico e o grupo obeso (COLE et al., 2000). Em relação ao IMC do grupo obeso, em meninos e meninas respectivamente, foram os seguintes: 7 anos ( $\geq 20,63$  /  $\geq 20,51$  kg/m<sup>2</sup>); 8 anos ( $\geq 21,60$  /  $\geq 21,57$  kg/m<sup>2</sup>); 9 anos ( $\geq 22,77$  /  $\geq 22,81$  kg/m<sup>2</sup>); 10 anos ( $\geq 24,00$  /  $\geq 24,11$  kg/m<sup>2</sup>); enquanto que o IMC para o grupo eutrófico, meninos e meninas respectivamente, foram: 7 anos ( $\leq 17,92$  /  $\leq 17,75$  kg/m<sup>2</sup>); 8 anos ( $\leq 18,44$  /  $\leq 18,35$  kg/m<sup>2</sup>); 9 anos ( $\leq 19,10$  /  $\leq 19,07$  kg/m<sup>2</sup>); 10 anos ( $\leq 19,84$  /  $\leq 19,86$  kg/m<sup>2</sup>).

#### **3.3 Critérios de inclusão**

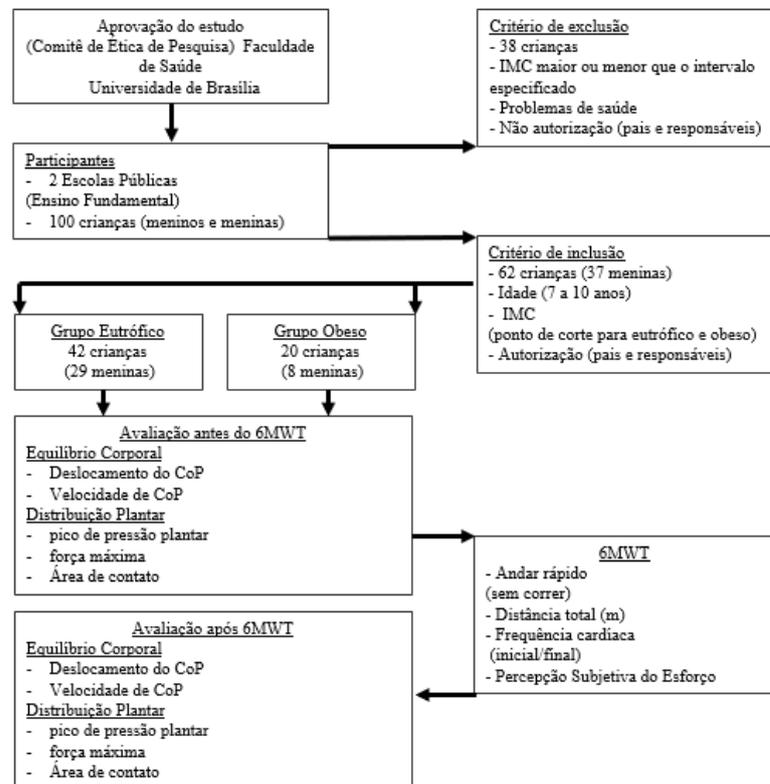
Crianças com idade entre 7 e 10 anos, com autorização por escrito dos responsáveis através do termo de consentimento livre e esclarecido confirmando a participação do menor na pesquisa (Apêndice 1); termo de assentimento da criança devidamente assinado (Apêndice 2); as crianças devem apresentar IMC dentro do estabelecido para eutrófico ou para obesidade; informações por autorrelato e posicionamento dos responsáveis foram cruciais para a investigação da criança quanto a mesma apresentar lesões nos membros inferiores que a impedisse da realização dos testes.

### 3.4 Critérios de exclusão

Crianças que por algum motivo não conseguirem realizar os testes propostos; disfunções neuromusculares ou qualquer tipo de lesão nos membros inferiores que impeçam a participação nos testes; a partir do relato dos responsáveis, crianças hipertensas sem controle medicamentoso; crianças que tenham sofrido intervenções cirúrgicas nos últimos 12 meses; crianças diagnosticadas com problemas cardiovasculares; crianças que utilizem prótese ou órteses.

### 3.5. Desenho Experimental

A visita nas instituições parceiras proporcionou coleta de dados com as crianças para a realização de 2 estudos: um referindo-se ao efeito agudo da caminhada no equilíbrio postural, em que se comparou o comportamento do CoP nas variáveis de velocidade, deslocamento do CoP nos eixos ântero-posterior e médio-lateral, e a área elíptica de 95%. O outro estudo analisou às variáveis da distribuição plantar que quantificou o efeito imediato de uma atividade de intensidade submáxima como a caminhada, considerando o pico de pressão, a força máxima e a área de contato em 5 regiões plantares. A figura 1 apresenta o desenho experimental utilizado no estudo.



**Figura 1** – Desenho experimental do estudo.

Fonte: Elaboração própria

## 3.6 Procedimentos

### 3.6.1 Anamnese

Esse procedimento trata da aplicação de um questionário em forma de entrevista com os responsáveis pelas crianças (Apêndice 3) para aquisição de maiores informações acerca dos participantes envolvidos no estudo e de seus familiares, conhecendo as doenças prévias dessas crianças tais como a hipertensão, o estilo de vida, hábitos familiares quanto a saúde envolvendo alimentação e atividade física. Estratégia relevante por se tratar de crianças em idade escolar.

### 3.6.2 Medidas antropométricas

As medidas de estatura e massa corporal foram obtidas usando técnicas padronizadas (LOHMAN et al., 1988). Essas variáveis foram medidas com os participantes descalços. O peso corporal foi registrado em balança eletrônica calibrada (Tec-Silver, São Paulo, Brasil) e a estatura em estadiômetro portátil (Welmy, São Paulo, Brasil). O peso corporal e a altura foram designados para calcular o IMC [massa corporal (kg)/estatura (m)<sup>2</sup>].

### 3.6.3 Avaliação do equilíbrio postural

Para a mensuração do equilíbrio postural, antes e após um teste de caminhada, utilizamos a técnica denominada estabilometria. Para a nossa análise, a plataforma de força Accusway Plus (AMTI – *Advanced Mechanical Technologies Inc.*, MA, EUA), com as dimensões (500 x 500 x 150 mm) relacionadas a comprimento, largura e altura, respectivamente, registrou as seguintes variáveis: a) amplitude no eixo médio-lateral do CoP; b) amplitude no eixo ântero-posterior do CoP; c) velocidade do CoP; e d) Área 95% da elipse do CoP que representa cerca de 95% dos dados de amplitude no sentido ântero-posterior e médio-lateral. Os sinais da plataforma de força foram capturados a 100 Hertz e os dados filtrados com frequência de corte de 10 Hertz. O software Balance Clinic foi usado para registro e interpretação dos sinais.

O protocolo exige que o sujeito fique em pé na plataforma, quieto com a base de suporte dos pés aberta (pés alinhados com os ombros), braços ao longo do corpo que devem permanecer relaxados, em 2 condições. 1) superfície estável com olhos abertos (Figura 2); 2) superfície instável (espuma) com os olhos fechados (Figura 3). A espuma tem dimensões de (51 x 40 x 6 cm, comprimento, largura e altura respectivamente, e densidade 28).



**Figura 2** – Plataforma – condição 1 (superfície estável) **Figura 2** – Plataforma – condição 2 (superfície de espuma)

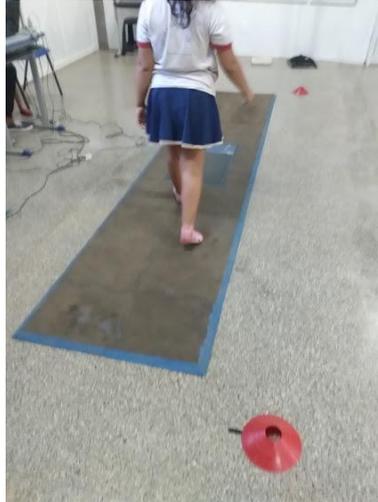
Fonte: Registros do autor.

Três tentativas com duração de 30 segundos foram registradas em cada condição, antes e imediatamente após o 6MWT, considerando para efeito de análise o valor médio das 3 tentativas para cada condição. A ordem de aplicação das condições realizadas foi aleatória para todos os participantes.

#### 3.6.4 Avaliação da distribuição de pressão plantar (DPP)

Para a mensuração da DPP, antes e após um teste de caminhada, nós utilizamos a técnica denominada baropodometria com o uso de uma plataforma de pressão. Nosso estudo utilizou a plataforma EMED AT-4 (Novel, Munich, Germany) que é um dispositivo de capacitância dividido por sensores (4 sensores/cm<sup>2</sup>) dispostos dentro de uma área de 395 mm x 240 mm, pré-ajustado para gravar passos a uma frequência de amostragem de 50 Hertz. A plataforma fica posicionada no chão, encaixada numa passarela de espuma de alta densidade para que a passada aconteça em terreno nivelado.

O procedimento para a coleta dos dados foi através do andar em velocidade autosselcionada sobre a plataforma, iniciando em um percurso de 4 metros, o qual se encontrava a passarela (conforme indicado na Figura 2)., Os resultados da pressão plantar registrou 3 coletas validas do pé em contato com a plataforma, independente se esquerdo ou direito, uma vez que nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os dados obtidos dos membros direito e esquerdo (MENZ, 2004).



**Figura 4** – Delimitação do espaço de 4m na avaliação de distribuição plantar durante a marcha.  
Fonte: Registros do autor.

A escolha da velocidade autosseleccionada foi para garantir que a criança executasse a atividade de locomoção de forma mais natural possível, além de poder comparar com estudos realizado com essas velocidades (BULDT et al., 2018; PUTTI et al, 2008). As regiões plantares mensuradas foram o calcanhar, mediopé, antepé, hálux e dedos, conforme divisão proposta na literatura (CAVANAGH; RODGERS, 1987). As variáveis da distribuição plantar mensuradas foram:

- 1) Área de Contato do Pé – descrita pela região (área) do pé onde as forças são aplicadas entre a superfície plantar e os sensores da plataforma, medida em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>);
- 2) Força Máxima – somatório das forças geradas durante o contato do pé com a plataforma e mensuradas em cada sensor da plataforma, expresso em Newtons (N);
- 3) Pico de Pressão – maior valor de pressão detectado por sensores durante o contato, que tem como unidade de medida quilopascal (kPa) ou N/cm<sup>2</sup>;

### 3.6.5 Teste de caminhada de 6 minutos

Os participantes foram convidados a realizar um teste de caminhada com duração de 6 minutos. O 6MWT consiste em fazer o indivíduo andar o mais rápido possível em ritmo constante, sem correr, com calçado de sua preferência, deslocando-se de um extremo ao outro ao longo de uma área demarcada entre 20m (Figura 5). O avaliado anda com a maior velocidade possível sem caracterizar trote ou corrida, durante 6 minutos e a distância final alcançada é determinada em metros.



**Figura 5** – Modelo de aplicação do 6MWT

Fonte: Google imagens.

Entretanto, o participante foi orientado a interromper o teste caso sentisse sintomas como dores em membros inferiores, taquicardia ou qualquer outro sintoma de desconforto, seguido o procedimento conforme descrito na literatura (PIRES et al., 2007).

Para verificação da intensidade da atividade de caminhada, a frequência cardíaca inicial foi registrada 30 segundos antes do 6MWT e, a frequência final, imediatamente após o fim do teste de caminhada, considerando os batimentos por minuto em frequencímetro padronizada (Polar, MS 400, Finlândia); além disso, foi utilizada a percepção subjetiva do esforço (PSE), denominada Escala de Borg que, a cada 1 minuto do teste, era avaliada a intensidade do esforço por autorrelato de acordo com a escala (BORG, 1982).

### **3.7 Análise dos dados**

Com relação ao banco de dados, foi utilizado o programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) , versão 27 para Windows. O teste de Shapiro-Wilk nos auxiliou na avaliação da normalidade das variáveis, proporcionando análise descritiva, adotando-se a média e o desvio padrão para a descrição detalhada dos participantes. A homogeneidade dos dados foi verificada pelo teste de igualdade de variância de Levene. Para verificar as possíveis modificações nas variáveis decorrentes das condições pré-teste/pós-teste, foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) com medidas repetidas na situação intragrupo, e também quanto às diferenças entre os grupos. Considerando o Método Pairwise, o teste post-hoc de Bonferroni foi necessário para entender onde as diferenças foram registradas. O nível de significância adotado foi  $p < 0,05$ .

## 4 RESULTADOS

Os registros da avaliação antropométrica e os dados do 6MWT foram apresentados por meio da estatística descritiva referida na Tabela 1. Registramos que o peso corporal do grupo obeso é significativamente maior em comparação ao grupo eutrófico ( $p < 0,001$ ). Quanto ao IMC, encontramos diferença entre crianças eutróficas e crianças obesas ( $p < 0,001$ ), com maiores valores para o grupo obeso. No que se refere ao índice do arco plantar, também observamos diferença significativa entre os grupos ( $p < 0,001$ ). Em relação a idade, estatura, distância percorrida no 6MWT, a média da percepção subjetiva de esforço durante os 6 minutos, e a média após o 6º minuto, a frequência cardíaca inicial e final, não houve diferenças entre os grupos ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 1** – Características antropométricas e dados para distância total durante o teste de caminhada de 6 minutos, frequência cardíaca (fc) e percepção subjetiva de esforço. Os valores são apresentados como média e desvio padrão ( $\pm$ ).

	Grupo Eutrófico (n = 42)	Grupo Obeso (n = 20)	p - valor	ES
Sexo (Masculino / Feminino)	13 / 29	12 / 08		
Idade (anos)	8,8 $\pm$ 0,9	8,4 $\pm$ 1,12	,119	0,40
Estatura (metros - m)	1,34 $\pm$ 0,09	1,40 $\pm$ 0,09	,215	0,67
Massa corporal (quilograma - kg)	29,8 $\pm$ 5,6	47,8 $\pm$ 12,0	< ,001	1,92
Índice de massa corporal (kg / m <sup>2</sup> )	16,2 $\pm$ 1,4	24,7 $\pm$ 3,2	< ,001	3,47
Índice do arco plantar	0,22 $\pm$ 0,02	0,27 $\pm$ 0,03	< ,001	1,96
Fc inicial (batimentos por minuto)	96,8 $\pm$ 11,8	102,0 $\pm$ 12,2	,117	0,23
Distância 6MWT (m)	407,4 $\pm$ 32,3	394,6 $\pm$ 27,5	,131	0,43
Velocidade média 6MWT	1,12 $\pm$ 0,08	1,10 $\pm$ 0,13	,078	0,19
Fc final (batimentos por minuto)	123,5 $\pm$ 12,6	129,4 $\pm$ 15,3	,117	0,37
Média PSE	8,8 $\pm$ 1,7	8,9 $\pm$ 1,4	,695	0,06
PSE após 6º minuto	10,3 $\pm$ 2,1	10,5 $\pm$ 2,5	,281	0,09

Valores de p significativo estão em negrito; PSE = percepção subjetiva de esforço; EF (effect size) = tamanho do efeito.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Considerando que o mesmo grupo de crianças em nosso estudo viabilizou a realização de dois protocolos de avaliação, sendo um relacionado ao equilíbrio postural e o outro associado a distribuição de pressão plantar que, oportunamente, a partir dos achados foi

possível submeter para periódicos especializados dois estudos que serão descritos, a seguir, como estudo 1 e estudo 2.

## 4.1 Estudo 1

O estudo 1 (anexo 1) tem como título “Efeitos da Fadiga Induzida por Caminhada no Equilíbrio Postural de Crianças Obesas e com Peso Saudável”. O nosso objetivo foi verificar mudanças no equilíbrio postural em crianças obesas e crianças com peso saudável (eutróficas) após o teste de caminhada de 6 minutos, em que se avaliou o comportamento do CoP relativo as amplitudes dos eixos ântero-posterior e médio-lateral, a área 95% e a velocidade. Nesse caso, traçamos a hipótese de que a fadiga induzida pela caminhada devido ao desempenho no 6MWT deve alterar os parâmetros do CoP em crianças obesas.

Para uma visão geral do artigo proposto, segue o resumo apresentado na submissão à revista *Journal of Obesity*, manuscrito que foi reenviado após considerações dos revisores e que, no momento, aguarda parecer final do editor.

### 4.1.1 *Resumo*

A obesidade está associada a limitações no equilíbrio postural das crianças, podendo afetar negativamente a marcha. Nosso objetivo foi verificar as alterações no equilíbrio postural após a fadiga induzida pela caminhada por meio do teste de caminhada de 6 minutos (6-minute walk test – 6MWT) em crianças obesas e eutróficas. Participaram deste estudo transversal 62 crianças (37 meninas) com idade entre 7 a 10 anos, divididas em 2 grupos: grupo eutrófico (n = 42) e grupo de obesos (n = 20). A plataforma de força (AMTI) foi utilizada para mensurar o equilíbrio postural através do deslocamento do centro de pressão (CoP) nos sentidos ântero-posterior e médio-lateral, na área 95% da elíptica e na velocidade, antes e após o teste de caminhada. Três tentativas (30 segundos por tentativa) foram registradas em duas condições: superfície estável com os olhos abertos e superfície instável (espuma) com os olhos fechados. Os resultados mostraram que na condição de superfície estável, crianças obesas apresentam aumento da velocidade do CoP após o 6MWT ( $p < 0,05$ ), assim como foi observado na condição de superfície instável e olhos fechados ( $p < 0,05$ ). O grupo eutrófico apresentou diferença significativa para a velocidade do CoP comparando antes e depois do 6MWT ( $p < 0,05$ ), mas apenas na condição com superfície estável e olhos abertos. Concluimos que a fadiga induzida pela caminhada nesse estudo causa um aumento na velocidade do CoP em crianças obesas. Como consequência, a estabilidade do corpo pode ser afetada.

#### 4.1.2. Métodos

##### **Caracterização do estudo**

Estudo transversal com abordagem quantitativa. A proposta do projeto foi aprovada pelo Comitê de Ética de Pesquisa da Faculdade de Saúde da Universidade de Brasília (processo no. 2.599.767/2018), e respeitou todas as normas da pesquisa com seres humanos.

##### **Participantes**

Crianças matriculadas na rede pública de ensino fundamental na região do Distrito Federal. A seleção se deu por conveniência através de convite endereçado à direção das escolas, com apresentação prévia dos objetivos e a metodologia a ser utilizada na pesquisa, e concordância dos responsáveis por escrito no termo de consentimento livre e esclarecido.

As escolas parceiras disponibilizaram 100 estudantes para participarem do estudo, no entanto a amostra foi composta por 62 crianças (37 meninas) divididas em 2 grupos de acordo com a classificação do IMC, a partir dos pontos de corte estabelecidos na literatura para o grupo eutrófico e o grupo obeso (COLE et al., 2000). Em relação ao IMC do grupo obeso, em meninos e meninas respectivamente, foram os seguintes: 7 anos ( $\geq 20,63$  /  $\geq 20,51$  kg/m<sup>2</sup>); 8 anos ( $\geq 21,60$  /  $\geq 21,57$  kg/m<sup>2</sup>); 9 anos ( $\geq 22,77$  /  $\geq 22,81$  kg/m<sup>2</sup>); 10 anos ( $\geq 24,00$  /  $\geq 24,11$  kg/m<sup>2</sup>); enquanto que o IMC para o grupo eutrófico, meninos e meninas respectivamente, foram: 7 anos ( $\leq 17,92$  /  $\leq 17,75$  kg/m<sup>2</sup>); 8 anos ( $\leq 18,44$  /  $\leq 18,35$  kg/m<sup>2</sup>); 9 anos ( $\leq 19,10$  /  $\leq 19,07$  kg/m<sup>2</sup>); 10 anos ( $\leq 19,84$  /  $\leq 19,86$  kg/m<sup>2</sup>).

##### **Crítérios de inclusão**

Crianças com idade entre 7 e 10 anos, com autorização por escrito dos responsáveis através do termo de consentimento livre e esclarecido confirmando a participação do menor na pesquisa (Apêndice 1); termo de assentimento da criança devidamente assinado (Apêndice 2); as crianças devem apresentar IMC dentro do estabelecido para eutrófico ou para obesidade; informações por autorrelato e posicionamento dos responsáveis foram cruciais para a investigação da criança quanto a mesma apresentar lesões nos membros inferiores que a impedisse da realização dos testes

##### **Crítérios de exclusão**

Crianças que por algum motivo não conseguirem realizar os testes propostos; disfunções neuromusculares ou qualquer tipo de lesão nos membros inferiores que impeçam a participação nos testes; a partir do relato dos responsáveis, crianças hipertensas sem controle medicamentoso; crianças que tenham sofrido intervenções cirúrgicas nos últimos 12 meses;

crianças diagnosticadas com problemas cardiovasculares; crianças que utilizem prótese ou órteses; ou outras enfermidades que dificultariam a aplicação dos testes. As 38 crianças restantes foram excluídas por: IMC maior ou menor que a faixa especificada (20), problemas de saúde relatados por familiares (10), e não autorizados pelos pais e responsáveis (8).

## **Procedimentos**

### *Anamnese*

Aplicação de um questionário em forma de entrevista com os responsáveis pelas crianças (Apêndice 3) para aquisição de maiores informações acerca dos participantes envolvidos no estudo, conhecendo as doenças prévias dessas crianças tais como a hipertensão, o estilo de vida, hábitos familiares quanto a saúde envolvendo alimentação e atividade física. Estratégia relevante por se tratar de crianças em idade escolar.

### *Medidas antropométricas*

As medidas de estatura e massa corporal foram obtidas usando técnicas padronizadas (LOHMAN et al., 1988). Essas variáveis foram medidas com os participantes descalços. O peso corporal foi registrado em balança eletrônica calibrada (Tec-Silver, São Paulo, Brasil) e a estatura em estadiômetro portátil (Welmy, São Paulo, Brasil). O peso corporal e a altura foram designados para calcular o IMC [massa corporal (kg)/estatura (m)<sup>2</sup>].

### *Avaliação do equilíbrio postural*

Para a mensuração do equilíbrio postural, antes e após um teste de caminhada, utilizamos a técnica denominada estabilometria. Para a nossa análise, a plataforma de força Accusway Plus (AMTI – *Advanced Mechanical Technologies Inc.*, MA, EUA), com as dimensões (500 x 500 x 150 mm) relacionadas a comprimento, largura e altura, respectivamente, registrou as seguintes variáveis: a) amplitude no eixo médio-lateral do CoP; b) amplitude no eixo ântero-posterior do CoP; c) velocidade do CoP; e d) Área 95% da elipse do CoP que representa cerca de 95% dos dados de amplitude no sentido ântero-posterior e médio-lateral. Os sinais da plataforma de força foram capturados a 100 Hertz e os dados filtrados com frequência de corte de 10 Hertz. O software Balance Clinic foi usado para registro e interpretação dos sinais.

O protocolo exige que o sujeito fique em pé na plataforma, quieto com a base de suporte dos pés aberta (pés alinhados com os ombros), braços ao longo do corpo que devem permanecer relaxados, em 2 condições. 1) superfície estável com olhos abertos; 2) superfície instável (espuma) com os olhos fechados. A espuma tem dimensões de (51 x 40 x 6 cm,

comprimento, largura e altura respectivamente, e densidade 28). Três tentativas com duração de 30 segundos foram registradas em cada condição, antes e imediatamente após o 6MWT, considerando para efeito de análise o valor médio das 3 tentativas. A ordem de aplicação das condições realizadas foi aleatória para todos os participantes.

#### *Teste de caminhada de 6 minutos (6-minute Walk test – 6MWT)*

O 6MWT consiste em fazer o indivíduo andar o mais rápido possível, sem correr, com calçado de sua preferência, deslocando-se de um extremo ao outro ao longo de uma área demarcada entre 20m. A distância final alcançada é determinada em metros.

Para verificação da intensidade da atividade de caminhada, a frequência cardíaca inicial foi registrada 30 segundos antes do 6MWT e, a frequência final, imediatamente após o fim, considerando os batimentos por minuto em frequencímetro padronizada (Polar, MS 400, Finlândia); além disso, foi utilizada a percepção subjetiva do esforço (PSE) que, a cada 1 minuto do teste, era avaliada a intensidade do esforço por autorrelato de acordo com a escala (BORG, 1982).

#### **Análise dos dados**

O programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) , versão 27 para Windows foi utilizado. O teste de Shapiro-Wilk avaliou a normalidade das variáveis, proporcionando análise descritiva, e adotando-se a média e o desvio padrão para a descrição detalhada dos participantes. A homogeneidade dos dados foi verificada pelo teste de igualdade de variância de Levene. Para verificar as possíveis modificações nas variáveis decorrentes das condições pré-teste/pós-teste, foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) com medidas repetidas na situação intragrupo, e também quanto às diferenças entre os grupos. Considerando o Método Pairwise, o teste post-hoc de Bonferroni foi necessário para entender onde as diferenças foram registradas. O nível de significância adotado foi  $p < 0,05$ .

#### *4.1.3 Resultados*

Os principais resultados estão descritos na Tabela 2 a seguir.

**Tabela 2** – Variáveis do CoP para cada grupo antes e após o teste de caminhada de 6 minutos são apresentadas como média e desvio padrão ( $\pm$ ).

	Grupo Eutrófico (n=42)					Grupo Obeso (n=20)					Mixta ANOVA		
	Pré	Pós	<i>p</i> <sup>a</sup>	$\Delta\%$	ES	Pré	Pós	<i>p</i> <sup>a</sup>	$\Delta\%$	ES	<i>p</i> - tempo	<i>p</i> - grupo	<i>p</i> - interação
<b>CoP – superfície estável e olhos abertos</b>													
Amplitude eixo ml (cm)	1,99 $\pm$ 0,81	2,45 $\pm$ 1,35	<b>,013</b>	23,11	0,41	2,18 $\pm$ 0,92	2,36 $\pm$ 0,81	,437	8,25	0,21	<b>,045</b>	,791	,392
Amplitude eixo ap (cm)	2,43 $\pm$ 0,89	2,74 $\pm$ 1,28	,068	12,75	0,28	2,71 $\pm$ 0,98	2,63 $\pm$ 0,81	,722	2,95	0,09	,450	,734	,183
Área 95 (cm <sup>2</sup> )	3,07 $\pm$ 2,09	3,65 $\pm$ 2,40	,123	18,89	0,26	3,98 $\pm$ 2,47	4,03 $\pm$ 2,52	,916	1,25	0,02	,333	,238	,426
Velocidade (cm/s)	1,43 $\pm$ 0,37	1,56 $\pm$ 0,64	<b>,034</b>	0,99	0,25	1,38 $\pm$ 0,24	1,63 $\pm$ 0,33	<b>,006</b>	18,11	0,87	<b>,001</b>	,918	,262
<b>CoP – superfície espuma e olhos fechados</b>													
Amplitude eixo ml (cm)	4,31 $\pm$ 1,48	4,04 $\pm$ 1,53	,242	6,26	0,18	4,66 $\pm$ 1,22	4,32 $\pm$ 1,59	,325	7,29	0,24	,142	,363	,885
Amplitude eixo ap (cm)	4,95 $\pm$ 1,26	5,07 $\pm$ 1,61	,541	2,42	0,08	5,07 $\pm$ 1,61	5,14 $\pm$ 1,77	,665	1,38	0,04	,993	,590	,482
Área 95 (cm <sup>2</sup> )	12,79 $\pm$ 5,48	12,29 $\pm$ 5,96	,674	3,90	0,09	15,02 $\pm$ 5,40	16,95 $\pm$ 12,07*	,260	12,84	0,21	,490	<b>,038</b>	,244
Velocidade (cm/s)	3,06 $\pm$ 0,85	2,92 $\pm$ 0,94	,110	4,57	0,16	2,83 $\pm$ 0,57	3,22 $\pm$ 0,74	<b>,003</b>	13,78	0,59	,111	,876	<b>,001</b>

ES (effect size: Tamanho de efeito); ml: médio-lateral; ap: ântero-posterior; <sup>a</sup> p-valores para comparação dentro do grupo; O símbolo sobrescrito indica diferenças significativas entre os grupos em \* após o 6MWT; Os p-valores significativos estão em negrito.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Nossos dados mostram um efeito do 6MWT nas variáveis do equilíbrio postural nas duas condições investigadas, principalmente no que se refere o aumento da velocidade do CoP em crianças obesas e crianças eutróficas. A Tabela 2 mostra os resultados alcançados quanto à condição 1, condição mais fácil de execução, com os olhos abertos em superfície estável, na qual todas as informações visuais, somatossensoriais e do sistema vestibular estão interagindo para a manutenção do equilíbrio. Além disso, a Tabela 2 mostra também os resultados quanto a condição 2 de equilíbrio, com os pés posicionados em superfície instável (sobre uma espuma) e com os olhos fechados.

Os resultados da ANOVA mista com medidas repetidas relacionadas a condição 1 mostraram que não houve efeitos significativos na interação tempo  $\times$  grupo quanto a amplitude dos eixos ml e ap do CoP, área 95% do CoP e velocidade do CoP ( $p > 0,05$ ). Além disso, não foram observados efeitos significativos do grupo nas quatro variáveis do CoP analisadas quanto a condição 1 ( $p > 0,05$ ).

Considerando a condição 1, a análise *post hoc* indicou que para crianças eutróficas houve um aumento significativo comparando os momentos pré-teste/pós-teste para as variáveis como a amplitude do CoP no eixo m-l ( $p = 0,013$ , ES = 0,41) e para a velocidade do CoP ( $p = 0,034$ , ES = 0,25). Por outro lado, o grupo de crianças obesas registrou aumento significativo no momento pós-teste quanto a velocidade do CoP ( $p = 0,006$ , ES = 0,87). No entanto, não houve efeitos significativos de tempo nas outras variáveis para ambos os grupos ( $p > 0,05$ ).

Já para a condição 2, situação de equilíbrio mais desafiadora, os resultados da ANOVA mista com medidas repetidas mostram que houve efeito na interação tempo  $\times$  grupo para velocidade do CoP [F (1,60) = 11.993;  $p = 0,001$ ]. Isso significa que, na condição 2, o efeito do 6MWT foi diferente para os dois grupos quanto a velocidade do CoP. Mesmo assim, não houve efeitos significativos na interação tempo  $\times$  grupo para CoP em outras variáveis ( $p > 0,05$ ). Além disso, foi observado efeito significativo do grupo para a área 95% da elipse do CoP após o 6MWT [F (1,60) = 4.172;  $p = 0,046$ ]. Porém, não houve efeito significativo do grupo para outras variáveis do CoP para a condição 2 ( $p > 0,05$ ). A análise *post hoc* indicou que para as crianças obesas houve um aumento significativo da velocidade do CoP após o 6MWT ( $p = 0,006$ , ES = 0,87). Não houve efeitos de tempo significativos nas outras variáveis, para ambos os grupos ( $p > 0,05$ ).

#### 4.1.4 Discussão

Destacamos que o objetivo deste estudo foi verificar mudanças no equilíbrio postural em crianças obesas e crianças eutróficas após o teste de caminhada de 6 minutos

Considerando-se que informações sobre o comportamento do CoP imediatamente após uma atividade de intensidade submáxima como a caminhada ainda é incipiente na literatura, a avaliação do equilíbrio postural, principalmente da velocidade do CoP após o 6MWT, apresentou os principais resultados da presente análise.

Estudo semelhante realizado com adultos avaliou os deslocamentos do CoP durante a postura quieta, comparando indivíduos com peso saudável e com obesidade em duas condições, olhos abertos e olhos fechados, registrando que o aumento da massa corporal, provavelmente, pode ser responsável pelos maiores deslocamentos do CoP (MENEGONI et al., 2011). No entanto, em nosso estudo, a condição de equilíbrio com olhos abertos não apresentou diferença significativa entre os grupos, nem antes e nem depois do 6MWT. Além disso, fatores mistos como a obesidade e o tipo de pé parecem afetar as pressões plantares e o deslocamento do CoP em crianças (YAN et al., 2020).

Crianças com excesso de peso demonstraram maior variabilidade na velocidade do CoP na oscilação postural D'HONDT et al., (2011), consideração observada também em adultos obesos (BUTTERWORTH et al., 2014). Uma contribuição alterada das terminações sensoriais e dos receptores mecânicos foi proposta como possível causa das diferenças nas mudanças do CoP entre indivíduos com obesidade e com peso saudável (HUE et al., 2007). No entanto, apesar de nossos dados não mostrarem diferenças na velocidade do CoP entre os grupos na condição 1 de equilíbrio, o momento pós 6MWT registrou velocidades do CoP significativamente maiores para ambos os grupos. Observação semelhante na velocidade do CoP foi identificada na condição 2 de equilíbrio depois do teste de caminhada.

Nessa perspectiva, a habilidade de manter o equilíbrio estático, considerando o deslocamento do CoP nas direções ântero-posterior e médio-lateral, além das condições olhos abertos e olhos fechados, também foi avaliada entre as faixas etárias, apresentando valores mais elevados quanto às medidas de deslocamento e velocidade do CoP em condição com olhos fechados versus olhos abertos, assim como na condição idosos versus jovens, tendo maiores velocidades do CoP nas faixas etárias mais velhas (ROMAN-LIU, 2018).

Em condições de equilíbrio corporal mais desafiador, meninas com obesidade e sobrepeso podem ter prejuízos no controle postural, sendo que esses achados sugerem potenciais considerações funcionais ou de segurança de meninas em desempenhos de equilíbrio mais exigentes (TSIROS et al., 2019). Dentre adolescentes obesos e não obesos, a avaliação do equilíbrio estático registrou velocidade do CoP significativamente maior para o grupo de obesos, em diferentes condições posturais. (CAETANO et al., 2014). Além disso, limitações

funcionais decorrentes da obesidade parecem afetar o equilíbrio postural em adolescentes (TOMLINSON et al., 2016).

O efeito da obesidade associado ao equilíbrio reduzido parece interferir em atividades ocupacionais, além de situações do cotidiano (CIMOLIN et al., 2020). Evidências mostraram que a obesidade traz problemas musculoesqueléticos comuns entre crianças, com implicações quanto ao envolvimento significativo na atividade física (SHULTZ et al., 2014). O excesso de peso em crianças parece comprometer fatores biomecânicos que podem resultar na redução do nível de atividade física e aumento no risco de lesões (STEINBERG *et al.*, 2017).

O equilíbrio postural avaliado em protocolos com e sem restrição de visão foi registrado em adultos e mostrou potenciais relações do efeito da obesidade com o controle postural, comparando a amplitude nas amplitudes ântero-posterior e médio-lateral, a área 95%, o comprimento e a velocidade do CoP, antes e após um teste de fadiga, revelando que o limiar de fadiga parcialmente diminuído explica as mudanças no controle postural dos indivíduos obesos (MAKTOUF et al., 2020). No entanto, um estudo realizado com adultos mostrou que a obesidade tem pouca influência na manutenção do equilíbrio postural estático (OSTOLIN et al., 2020). Porém, o efeito da obesidade sobre os mecanismos de controle do equilíbrio em idosos também tem indicado um processo de controle postural alterado em obesos, com ênfase na amplitude médio-lateral do CoP (MELZER; ODDSSON, 2015).

Como potencial limitação desse estudo, destacamos que não foram verificados os níveis de atividade física das crianças, bem como o tempo para o estado de obesidade. Além disso, não foram classificados os tipos de pé de cada participante, se esses apresentavam características de um pé normal, plano ou cavo. Esses fatores podem, por sua vez, afetar a interpretação e generalização dos resultados de nosso estudo.

#### 4.1.5 Conclusões

Nosso estudo demonstra que a fadiga induzida pela caminhada pode causar aumento na velocidade do CoP em crianças obesas. Como consequência, o desempenho da estabilidade corporal pode ser afetado. Entendendo que o 6MWT é um teste semelhante em termos de duração e de intensidade submáxima, se comparado a outras atividades de vida diária ou atividades esportivas, seria importante considerar essas informações da alteração da velocidade do CoP no planejamento de atividades físicas ou tratamentos para crianças obesas.

## 4.2 Estudo 2

O estudo 2 (anexo 2) tem como título “Efeitos Agudos de uma Atividade de Caminhada na Pressão Plantar de Crianças com Obesidade”. O objetivo foi verificar os efeitos agudos do teste de caminhada de seis minutos sobre a pressão plantar em crianças obesas e eutróficas. Nossa hipótese foi que crianças com obesidade apresentariam maiores valores para os resultados relacionados a pressão plantar após a atividade de caminhada.

Para a apresentação do estudo 2, segue abaixo o resumo e os principais tópicos submetidos para a Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, manuscrito que foi aprovado para publicação em edição de 2021.

### 4.2.1 *Resumo*

Crianças com obesidade apresentam maiores cargas plantares durante a caminhada quando comparadas às crianças eutróficas. No entanto, estudos que investigam os efeitos agudos da caminhada com intensidade moderada na distribuição da pressão plantar em crianças com obesidade não foram encontrados na literatura. Nosso objetivo foi verificar os efeitos agudos do teste de caminhada de seis minutos sobre a pressão plantar em crianças obesas e crianças eutróficas. Uma plataforma EMED foi utilizada para registrar os dados de pressão plantar durante o andar de 62 crianças (37 meninas), com idade entre 7 a 10 anos, divididas em um grupo eutrófico - EU (n = 42) e um grupo obeso - OB (n = 20), antes e após um teste de caminhada de seis minutos. O pico de pressão plantar (PPP), força máxima (FM) e área de contato (AC) foram avaliados em três tentativas, considerando o valor médio para as análises durante o andar sobre a plataforma em uma velocidade autosselecionada. A análise foi realizada em cinco regiões plantares, calcânhar, mediopé, antepé, hálux e dedos. Um valor mais alto foi encontrado para PPP sob a região do médio pé para o grupo OB após o teste de caminhada ( $p < 0,001$ ). Na comparação entre os grupos, PPP, FM e AC foram maiores para o grupo OB ( $p < 0,05$ ) para a maioria das regiões plantares. Concluímos que, após uma caminhada de intensidade moderada, a obesidade aumenta as cargas plantares, especialmente sob a região do mediopé, que pode trazer desconforto e risco de lesões.

### 4.2.2 *Métodos*

#### **Caracterização do estudo**

Estudo transversal com abordagem quantitativa. Adota-se grupo obeso e grupo eutrófico, em situação pré e pós estímulo agudo de um teste de caminhada. A proposta do

projeto foi aprovada pelo Comitê de Ética de Pesquisa da Faculdade de Saúde da Universidade de Brasília (processo no. 2.599.767/2018), e respeitou todas as normas da pesquisa com seres humanos.

### **Participantes**

Crianças matriculadas na rede pública de ensino fundamental na região do Distrito Federal. A seleção se deu por conveniência através de convite endereçado à direção das escolas, com apresentação prévia dos objetivos e a metodologia a ser utilizada na pesquisa, e concordância dos responsáveis por escrito no termo de consentimento livre e esclarecido.

As escolas parceiras disponibilizaram 100 estudantes para participarem do estudo, no entanto a amostra foi composta por 62 crianças (37 meninas) divididas em 2 grupos de acordo com a classificação do IMC, a partir dos pontos de corte estabelecidos na literatura para o grupo eutrófico e o grupo obeso (COLE et al., 2000). Em relação ao IMC do grupo obeso, em meninos e meninas respectivamente, foram os seguintes: 7 anos ( $\geq 20,63$  /  $\geq 20,51$  kg/m<sup>2</sup>); 8 anos ( $\geq 21,60$  /  $\geq 21,57$  kg/m<sup>2</sup>); 9 anos ( $\geq 22,77$  /  $\geq 22,81$  kg/m<sup>2</sup>); 10 anos ( $\geq 24,00$  /  $\geq 24,11$  kg/m<sup>2</sup>); enquanto que o IMC para o grupo eutrófico, meninos e meninas respectivamente, foram: 7 anos ( $\leq 17,92$  /  $\leq 17,75$  kg/m<sup>2</sup>); 8 anos ( $\leq 18,44$  /  $\leq 18,35$  kg/m<sup>2</sup>); 9 anos ( $\leq 19,10$  /  $\leq 19,07$  kg/m<sup>2</sup>); 10 anos ( $\leq 19,84$  /  $\leq 19,86$  kg/m<sup>2</sup>).

### **Critérios de inclusão**

Crianças com idade entre 7 e 10 anos, com autorização por escrito dos responsáveis através do termo de consentimento livre e esclarecido confirmando a participação do menor na pesquisa (Apêndice 1); termo de assentimento da criança devidamente assinado (Apêndice 2); as crianças devem apresentar IMC dentro do estabelecido para eutrófico ou para obesidade; informações por autorrelato e posicionamento dos responsáveis foram cruciais para a investigação da criança quanto a mesma apresentar lesões nos membros inferiores que a impedisse da realização dos testes

### **Critérios de exclusão**

Crianças que por algum motivo não conseguirem realizar os testes propostos; disfunções neuromusculares ou qualquer tipo de lesão nos membros inferiores que impeçam a participação nos testes; a partir do relato dos responsáveis, crianças hipertensas sem controle medicamentoso; crianças que tenham sofrido intervenções cirúrgicas nos últimos 12 meses; crianças diagnosticadas com problemas cardiovasculares; crianças que utilizem prótese ou órteses; ou outras enfermidades que dificultariam a aplicação dos testes. As 38 crianças

restantes foram excluídas por: IMC maior ou menor que a faixa especificada (20), problemas de saúde relatados por familiares (10), e não autorizados pelos pais e responsáveis (8).

## **Procedimentos**

### *Anamnese*

Aplicação de um questionário em forma de entrevista com os responsáveis pelas crianças (Apêndice 3) para aquisição de maiores informações acerca dos participantes envolvidos no estudo, conhecendo as doenças prévias dessas crianças tais como a hipertensão, o estilo de vida, hábitos familiares quanto a saúde envolvendo alimentação e atividade física. Estratégia relevante por se tratar de crianças em idade escolar.

### *Medidas antropométricas*

As medidas de estatura e massa corporal foram obtidas usando técnicas padronizadas (LOHMAN et al., 1988). Essas variáveis foram medidas com os participantes descalços. O peso corporal foi registrado em balança eletrônica calibrada (Tec-Silver, São Paulo, Brasil) e a estatura em estadiômetro portátil (Welmy, São Paulo, Brasil). O peso corporal e a altura foram designados para calcular o IMC [massa corporal (kg)/estatura (m)<sup>2</sup>].

### *Avaliação da distribuição de pressão plantar (DPP)*

Para a mensuração da DPP, antes e após um teste de caminhada, nós utilizamos a técnica denominada baropodometria com o uso de uma plataforma de pressão. Nosso estudo utilizou a plataforma EMED AT-4 (Novel, Munich, Germany) que é um dispositivo de capacitância dividido por sensores (4 sensores/cm<sup>2</sup>) dispostos dentro de uma área de 395 mm x 240 mm, pré-ajustado para gravar passos a uma frequência de amostragem de 50 Hertz. A plataforma fica posicionada no chão, encaixada numa passarela de espuma de alta densidade para que a passada aconteça em terreno nivelado.

O procedimento para a coleta dos dados foi através do andar em velocidade autosselecionada sobre a plataforma, iniciando em um percurso de 4 metros, o qual se encontrava a passarela, registrando 3 coletas validas do pé em contato com a plataforma, considerando para análise a média dos valores das tentativas. A escolha da velocidade autosselecionada foi para garantir que a criança executasse a atividade de locomoção de forma mais natural possível, além de poder comparar com estudos realizado com essas velocidades (BULDT et al., 2018; PUTTI et al, 2008). As regiões plantares mensuradas foram o calcanhar, médio pé, anté pé, hálux e dedos, conforme divisão proposta na literatura (CAVANAGH; RODGERS, 1987). As variáveis da distribuição plantar mensuradas foram:

1) Área de Contato do Pé – descrita pela região (área) do pé onde as forças são aplicadas entre a superfície plantar e os sensores da plataforma, medida em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>);

2) Força Máxima – somatório das forças geradas durante o contato do pé com a plataforma e mensuradas em cada sensor da plataforma, expresso em Newtons (N);

3) Pico de Pressão – maior valor de pressão detectado por sensores durante o contato, que tem como unidade de medida quilopascal (kPa) ou N/cm<sup>2</sup>;

#### *Teste de caminhada de 6 minutos (6-minute Walk test – 6MWT)*

O 6MWT consiste em fazer o indivíduo andar o mais rápido possível, sem correr, com calçado de sua preferência, deslocando-se de um extremo ao outro ao longo de uma área demarcada entre 20m. A distância final alcançada é determinada em metros.

Para verificação da intensidade da atividade de caminhada, a frequência cardíaca inicial foi registrada 30 segundos antes do 6MWT e, a frequência final, imediatamente após o fim, considerando os batimentos por minuto em frequencímetro padronizada (Polar, MS 400, Finlândia); além disso, foi utilizada a percepção subjetiva do esforço (PSE) que, a cada 1 minuto do teste, era avaliada a intensidade do esforço por autorrelato de acordo com a escala (BORG, 1982).

#### **Análise dos dados**

O programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) , versão 27 para Windows foi utilizado. O teste de Shapiro-Wilk avaliou a normalidade das variáveis, proporcionando análise descritiva, e adotando-se a média e o desvio padrão para a descrição detalhada dos participantes. A homogeneidade dos dados foi verificada pelo teste de igualdade de variância de Levene. Para verificar as possíveis modificações nas variáveis decorrentes das condições pré-teste/pós-teste, foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) com medidas repetidas na situação intragrupo, e também quanto às diferenças entre os grupos. Considerando o Método Pairwise, o teste post-hoc de Bonferroni foi necessário para entender onde as diferenças foram registradas. O nível de significância adotado foi  $p < 0,05$ .

#### *4.2.3 Resultados*

Os achados desse levantamento estão descritos na Tabela 3 a seguir:

**Tabela 3** – Pico de pressão plantar (PPP), força máxima (MF) e área de contato (AC) para as regiões de calcanhar, mediopé, antepé, hálux e dedos, para cada grupo antes e depois do teste de caminhada de 6 minutos apresentados como média e desvio padrão ( $\pm$ ).

	Grupo Eutrófico (n = 42)			p <sup>a</sup>	$\Delta\%$	ES	Grupo Obeso (n = 20)			p <sup>a</sup>	$\Delta\%$	ES	Mista ANOVA			
	Pré	Pós					Pré	Pós					p-tempo	p-grupo	p-interação	
<b>Pico de Pressão Plantar</b>																
<b>PPP (kPa)</b>																
PPP calcanhar	274,9 $\pm$ 100,0	306,2 $\pm$ 119,8	<b>,044</b>	11,38	0,28	339,9 $\pm$ 84,3	332,3 $\pm$ 110,9	,731	2,23	0,08	,381	,081	,152			
PPP mediopé	84,9 $\pm$ 25,7	89,0 $\pm$ 34,7	,316	4,82	0,13	139,7 $\pm$ 33,1*	152,8 $\pm$ 35,7 <sup>+</sup>	<b>,029</b>	9,37	0,38	<b>,019</b>	< <b>,001</b>	,212			
PPP antepé	244,0 $\pm$ 74,6	247,7 $\pm$ 81,3	,722	1,51	0,05	368,1 $\pm$ 104,8*	392,4 $\pm$ 90,8 <sup>+</sup>	,116	1,10	0,25	,135	< <b>,001</b>	,272			
PPP hálux	310,8 $\pm$ 139,6	320,7 $\pm$ 148,1	,527	3,16	0,07	336,5 $\pm$ 232,2	337,3 $\pm$ 212,8	,961	0,32	0,00	,689	,637	,749			
PPP dedos	125,4 $\pm$ 45,8	125,5 $\pm$ 87,5	,751	0,07	0,00	135,8 $\pm$ 66,5	126,8 $\pm$ 60,5	,531	8,62	0,20	,738	,209	,487			
<b>Força Máxima - FM</b>																
FM calcanhar	82,2 $\pm$ 11,1	89,0 $\pm$ 18,7	<b>,003</b>	8,27	0,44	79,0 $\pm$ 8,7	80,2 $\pm$ 12,0	,730	1,39	0,10	<b>,045</b>	,268	,144			
FM mediopé	20,0 $\pm$ 8,8	21,5 $\pm$ 10,7	,176	7,50	0,15	31,0 $\pm$ 12,0*	33,7 $\pm$ 11,6 <sup>+</sup>	,105	8,70	0,23	,037	< <b>,001</b>	,567			
FM antepé	87,9 $\pm$ 10,3	92,0 $\pm$ 12,0	<b>,004</b>	4,66	0,37	91,1 $\pm$ 7,5	98,8 $\pm$ 7,1	,420	8,45	1,05	<b>,020</b>	,410	,298			
FM hálux	29,2 $\pm$ 9,4	30,5 $\pm$ 8,9	,414	4,79	0,15	19,6 $\pm$ 9,6*	21,4 $\pm$ 11,7 <sup>+</sup>	,432	9,18	0,17	,268	< <b>,001</b>	,855			
FM dedos	11,1 $\pm$ 9,7	9,1 $\pm$ 4,7	,098	18,01	0,26	7,2 $\pm$ 3,8	6,4 $\pm$ 2,5 <sup>+</sup>	,617	11,11	0,25	,177	<b>,027</b>	,591			
<b>Área de Contato AC (cm<sup>2</sup>)</b>																
AC calcanhar	22,7 $\pm$ 3,2	23,3 $\pm$ 3,5	<b>,027</b>	2,64	0,18	27,0 $\pm$ 4,3*	27,1 $\pm$ 4,4 <sup>+</sup>	,930	0,37	0,02	,180	< <b>,001</b>	,231			
AC mediopé	16,7 $\pm$ 5,3	17,3 $\pm$ 6,3	,297	3,59	0,10	25,2 $\pm$ 5,3*	26,0 $\pm$ 5,0 <sup>+</sup>	,316	3,17	0,16	,158	< <b>,001</b>	,816			
AC antepé	34,8 $\pm$ 4,5	35,6 $\pm$ 7,5	,358	2,29	0,13	41,9 $\pm$ 5,8*	42,4 $\pm$ 4,9 <sup>+</sup>	,669	1,19	0,09	,382	< <b>,001</b>	,864			
AC hálux	7,8 $\pm$ 1,1	7,9 $\pm$ 1,1	,525	1,28	0,09	8,3 $\pm$ 1,6	8,0 $\pm$ 1,8	,199	3,61	0,18	,483	,308	,157			
AC dedos	6,0 $\pm$ 1,4	5,8 $\pm$ 1,7	,832	3,33	0,13	6,5 $\pm$ 2,2	6,1 $\pm$ 2,4	,285	6,15	0,17	,317	,400	,446			
<b>Velocidade do andar (metros/segundos)</b>																
	1,01 $\pm$ 0,12	1,05 $\pm$ 0,11	<b>,032</b>	3,96	0,35	1,01 $\pm$ 0,15	1,00 $\pm$ 0,13	,854	0,99	0,07	,278	,358	,167			

ES (effect size: Tamanho de efeito); <sup>a</sup> p-valores para comparação dentro do grupo; Os símbolos sobrescritos indicam diferenças significativas entre os grupos em \* pré e + pós teste de caminhada; Os p-valores significativos estão em negrito. Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Nossos dados mostram o efeito do desempenho do 6MWT nas variáveis de distribuição plantar em crianças obesas e eutróficas. Os resultados da ANOVA mista com medidas repetidas não mostraram efeito da interação tempo  $\times$  grupo para PPP em nenhuma das 5 regiões plantares ( $p > 0,05$ ). No entanto, foi observado efeito significativo do grupo sob a região do mediopé [F (1,60) = 56.582;  $p < 0,001$ ], tanto nos momentos pré [F (1,60) = 50.885;  $p < 0,001$ ] quanto pós o 6MWT [F (1,60) = 44.942;  $p < 0,001$ ]. Observou-se também efeito significativo do grupo sob a região do antepé [F (1,60) = 40.496;  $p < 0,001$ ], tanto nos momentos antes [F (1,60) = 28.668;  $p < 0,001$ ] e após o 6MWT [F (1,60) = 39.781;  $p < 0,001$ ]. A análise *post hoc* indicou que para o grupo eutrófico houve um aumento significativo do PPP sob o calcanhar comparando os momentos pré e pós 6MWT ( $p = 0,044$ , ES = 0,28). Por outro lado, o grupo de crianças obesas registrou aumento significativo sob a região do mediopé comparando os momentos pré e pós teste de caminhada ( $p = 0,029$ , ES = 0,38). Não houve efeitos significativos do PPP nas demais regiões do pé ( $p > 0,05$ ), para ambos os grupos, seja antes ( $p > 0,05$ ) ou após o 6MWT ( $p > 0,05$ ).

Em relação a força máxima, os resultados da ANOVA mista mostraram que não houve efeito da interação tempo  $\times$  grupo para as 5 regiões plantares ( $p > 0,05$ ). No entanto, sob a região do mediopé foi observado um efeito significativo do grupo [F (1,60) = 18.696;  $p < 0,001$ ], indicando que a FM entre os grupos era significativamente diferente antes [F (1,60) = 16,531;  $p < 0,001$ ] e após o teste de caminhada [F (1,60) = 16.538;  $p < 0,001$ ]. Um efeito significativo do grupo também foi observado sob a região do hálux [F (1,60) = 16.910;  $p < 0,001$ ], tanto nos momentos pré [F (1,60) = 2.588;  $p < 0,001$ ] e pós 6MWT [F (1,60) = 2.696;  $p < 0,001$ ]. Sob os outros dedos do pé a mesma tendência foi registrada para o efeito do grupo [F (1,60) = 5.158;  $p = 0,027$ ], porém, apenas no momento após o 6MWT [F (1,60) = 5.785;  $p = 0,019$ ]. A análise *post hoc* indicou que para o grupo eutrófico houve um aumento significativo na FM comparando os momentos pré e pós 6MWT sob o calcanhar ( $p = 0,003$ , ES = 0,44) e antepé ( $p = 0,004$ , ES = 0,37). Não houve efeitos significativos da FM em outras regiões do pé ( $p > 0,05$ ), para ambos os grupos, seja antes ( $p > 0,05$ ) ou após o 6MWT ( $p > 0,05$ ).

Para a área de contato, os resultados da ANOVA mista mostraram que não houve efeito da interação tempo  $\times$  grupo para as 5 regiões plantares ( $p > 0,05$ ). Porém, um efeito significativo do grupo foi observado sob a região do calcanhar [F (1,60) = 17.063;  $p < 0,001$ ], antes [F (1,60) = 19.731;  $p < 0,001$ ] e após o 6MWT [F (1,60) = 13.028;  $p = 0,001$ ]. Um efeito significativo do grupo também foi observado para a AC sob a região do mediopé [F (1,60) = 34.530;  $p < 0,001$ ], antes [F (1,60) = 34.139;  $p < 0,001$ ] e após o 6MWT [F (1,60) = 29.039;  $p < 0,001$ ]. Para a região do antepé também foi registrado um efeito significativo do grupo [F

(1,60) = 22.742;  $p < 0,001$ ], tanto antes [F (1,60) = 27.445;  $p < 0,001$ ] quanto após o teste de caminhada [F (1,60) = 12.769;  $p = 0,001$ ]. Além disso, a análise *post hoc* indicou que para o grupo eutrófico houve um aumento significativo na AC sob o calcanhar comparando os momentos pré e pós ( $p = 0,027$ , ES = 0,18). Não houve efeitos significativos da AC nas demais regiões do pé ( $p > 0,05$ ), para ambos os grupos, seja antes ( $p > 0,05$ ) ou após o 6MWT ( $p > 0,05$ ).

Com relação a velocidade do andar durante o teste de avaliação de distribuição plantar, um aumento significativo também foi observado, mas apenas para o grupo eutrófico ( $p = 0,032$ , ES = 0,35). No entanto, a velocidade média da marcha para o grupo OB não mudou significativamente após o 6MWT ( $p > 0,05$ ).

#### 4.2.4 Discussão

Considerando que esse estudo teve como objetivo verificar os efeitos agudos do teste de caminhada de seis minutos sobre a pressão plantar em crianças obesas e eutróficas. Nossos dados mostraram que, na comparação da pressão plantar antes e após o 6MWT, as crianças com obesidade apresentaram maior PPP na região do mediopé após o 6MWT. Os maiores valores de pressão plantar nessa região podem estar associados a maiores cargas sob o arco medial e maiores taxas de fadiga após o exercício, conforme relatado anteriormente por outros estudos (BULDT et al., 2018; MUELLER et al., 2016).

Em nosso estudo, a região do mediopé também apresentou diferenças entre os grupos, antes e após a realização do 6MWT. Picos mais elevados de pressão plantar também foram observados em crianças com obesidade durante a corrida quando comparadas a crianças com peso normal (MESQUITA et al., 2018), mostrando que essas diferenças parecem estar associadas a adaptações biomecânicas nos pés das crianças (MUELLER et al., 2016). Cargas maiores também foram observadas na maioria das regiões dos pés em crianças com excesso de peso (MESQUITA et al., 2018), o que concorda com resultados de estudos anteriores que analisaram a pressão plantar durante caminhada rápida em crianças com sobrepeso (FOURCHET et al., 2015).

A distribuição da pressão plantar também foi avaliada em crianças obesas durante um acompanhamento de três anos, indicando que com o aumento da idade, crianças obesas apresentam aumento das cargas laterais do antepé em comparação com crianças com peso normal (ZHAO et al., 2020). Recentemente, um estudo de revisão abordou o impacto do sobrepeso e da obesidade na pressão plantar em crianças e adolescentes, mostrando que crianças obesas apresentaram aumento na força máxima no momento da pisada, com maior área de

contato e diminuição da sensibilidade de todo o pé, em especial na região do médio pé (CATAN et al., 2020).

Os resultados da força máxima com maiores valores sob a região plantar das crianças com obesidade em relação às eutróficas foram semelhantes aos de outros estudos realizados com crianças (MUELLER et al., 2016; MICKLE et al., 2006). A FM em nosso estudo foi influenciada pelo desempenho do 6MWT no grupo eutrófico sob as regiões do calcanhar e ante pé. Possivelmente, tais diferenças podem ser explicadas pelo fato de a atividade como a caminhada funcionar como forma de aquecimento, aumentando as cargas sob as regiões plantares com maior contato com o solo. Além disso, esse aquecimento pode ter resultado em um aumento da velocidade durante a avaliação pós 6MWT (MESQUITA et al., 2018; FOURCHET et al., 2015).

Dados da área de contato dos pés observados em crianças de 1 a 12 anos mostraram que quanto mais velha a criança, maior a área de contato (MUELLER *et al.*, 2016). Além disso, outros resultados mostraram que as crianças com obesidade apresentaram maior área de contato do que as eutróficas nas regiões do calcanhar, médio pé e ante pé (SONG-HUA et al., 2013; MICKLE et al., 2006). O que também foi verificado em nosso estudo.

Em relação aos resultados da distância total no 6MWT, todos os grupos deste estudo caminharam menos quando comparados aos valores de referência para crianças saudáveis da mesma idade (CACAU et al., 2018). O mesmo resultado foi observado para a PSE. Para a variável frequência cardíaca os resultados podem ser explicados pelo fato de não ter sido utilizado incentivo verbal durante a realização do 6MWT. Nesse contexto, foi demonstrado que palavras-padrão de incentivo como: “continue”, “você está indo bem” ou “muito bem”, dadas pela pessoa que ministra a avaliação em momentos específicos da realização do teste, podem resultar em distâncias maiores durante o 6MWT (LI et al., 2005). Embora a reprodutibilidade para testes com e sem incentivo seja semelhante (MORINDER, 2009). Contudo, a associação entre o IMC e o desempenho físico em brasileiros tem mostrado um aumento de crianças com sobrepeso e obesidade com baixo desempenho físico (CASONATTO et al., 2015). Nossos dados não mostraram nenhuma diferença significativa no desempenho do teste de caminhada quando comparamos crianças obesas e eutróficas.

Por meio dessas informações, e dado o possível aumento do pico de pressão plantar na região do médio pé em crianças obesas após atividade de caminhada com intensidade moderada, é possível planejar atividades práticas com segurança, principalmente nas aulas de Educação Física. Além disso, um estudo mostrou que a entrada da criança na escola é um momento propício para os profissionais de saúde intervirem junto aos que estão com excesso

de peso, por exemplo, explorando as experiências bem-sucedidas no tratamento da obesidade infantil e reconhecendo que esse problema de saúde pública precisa de mais atenção (TURNER et al., 2015).

Como potencial limitação desse estudo, destacamos que não foram verificados os níveis de atividade física das crianças, bem como o tempo para o estado de obesidade. Esses fatores podem, por sua vez, afetar a interpretação e generalização dos resultados de nosso estudo.

#### *4.2.5 Conclusões*

O pico de pressão plantar aumenta sob a região do mediopé de crianças com obesidade após uma atividade de caminhada moderada. Além disso, a área de contato sob todas as regiões foi maior em crianças com obesidade antes e depois do 6MWT em comparação a crianças eutróficas. O pico de pressão plantar mais alto pode estar associado a alterações biomecânicas no pé dessas crianças e pode resultar em dor e desconforto durante as atividades físicas. Além disso, o aumento da carga do pé pode aumentar o risco de problemas musculoesqueléticos se o excesso de peso persistir.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desfecho final da nossa tese traz informações acerca das variáveis biomecânicas que fazem referência ao equilíbrio postural e a distribuição de pressão plantar em crianças obesas e crianças eutróficas. De fato, a obesidade é um problema revelante em várias esferas, e no que nos propomos a investigar, que era entender o efeito agudo de uma atividade de caminhada de intensidade moderada no comportamento do centro de pressão para a manutenção do equilíbrio, assim como na distribuição de pressão plantar nas diferentes regiões do pé, conseguimos identificar aspectos relevantes que mereceram destaques. Além disso, o pretexto para o uso de teste de caminhada de seis minutos em nosso estudo, primordialmente, foi pelo fato do teste simular uma intensidade semelhante a de uma atividade prática das aulas de Educação Física, ou em termos de duração, semelhante a de uma tarefa do dia a dia.

Com relação às variáveis do equilíbrio postural, a velocidade do CoP no grupo de crianças com obesidade foi alterada significativamente após o teste de caminhada de 6 minutos. Dessa forma, quando relacionado com a vida da criança nas tarefas do cotidiano, pode alterar a estabilidade para a manutenção da postura em situações desafiadoras de equilíbrio (olhos fechados e o solo com superfícies instáveis), ao ponto de exigir maiores esforços para estabelecer o equilíbrio do corpo. A implicação disso pode ser hipotetizada no sentido de que a locomoção do indivíduo em locais desnivelados ou até mesmo escuros ou com pouca visibilidade pode resultar em alterações abruptas na estabilidade do andar e na necessidade de se restabelecer os ajustes de equilíbrio, evitando quedas ou lesões em articulações.

No entanto, essas implicações também podem ser consideradas no contexto de atuação com crianças obesas em aulas de Educação Física, assim como em programas de atividade física com objetivos de combate a obesidade, e assim, supõe-se que os planejamentos às atividades práticas possam explorar a capacidade de equilíbrio para a execução das mais diversas tarefas, desde as mais simples que são habituais no dia a dia, até as mais complexas exigindo maior controle corporal. Nossa expectativa é que informações dessa natureza possam contribuir para uma maior efetividade das interações práticas do professor de Educação Física, proporcionando menores riscos aos participantes, em especial, às crianças em idade escolar que apresentam excesso de peso e obesidade.

Nós destacamos que apesar de não existir diferenças entre os grupos quanto a capacidade funcional (distâncias percorridas e velocidade no 6MWT), e quanto as respostas de frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço após o 6WMT, as alterações

musculoesqueléticas de crianças obesas iniciam-se na instabilidade da base de suporte em relação ao equilíbrio postural, em especial, acerca da velocidade da área do CoP, quando comparadas a crianças eutróficas. É importante considerar que as crianças eutróficas se adaptam de forma mais eficaz a condições mais desafiadoras de equilíbrio em situação com os olhos fechados e os pés sobre uma superfície instável (espuma). Nossos dados mostraram que crianças obesas tem base mais instável (ou seja, apresentam menos equilíbrio em função da maior velocidade do CoP), demonstrando que, a princípio, a obesidade infantil pode não provocar alterações funcionais, mas sim, promove alterações mecânicas relacionadas com o equilíbrio postural, que aumentam a instabilidade postural, e conseqüentemente, as cargas nos membros inferiores.

No que se refere a análise do pico de pressão plantar, o efeito agudo do 6MWT parece afetar de forma significativa o grupo de crianças com obesidade. A região plantar do mediopé em especial, apresentou alteração significativa do pico de pressão plantar no momento pós teste de caminhada. Essa observação pode ser refletida na perspectiva de que a região do mediopé é frequentemente associada a problemas de lesões, dores e incômodos durante a locomoção como o andar. Estes achados podem servir de referência para pesquisas relacionadas a distribuição de pressão plantar, envolvendo acompanhamentos longitudinais, períodos de intervenções e acompanhamentos mais específicos.

Nós temos consciência que nossos resultados não devem ser extrapolados para outros grupos etários como crianças abaixo de sete anos de idade, ou adolescentes ou adultos. Além disso, deve ser levado em consideração que a intensidade da caminhada do nosso teste foi de leve a moderada, não podendo ser comparada a estudos que avaliaram variáveis biomecânicas após o participante ser levado a exaustão.

Contudo, compreendemos que as variáveis analisadas nesse estudo foram apenas ‘a flexa lançada’ a mostrar o vasto caminho a ser percorrido no campo da biomecânica. A busca pela contrapartida de oferecer retorno direto a comunidade e o nosso pensar pedagógico em favor de estratégias para atenuar problemas de equilíbrio postural e de distribuição de pressão plantar em ambiente escolar, em especial a crianças com obesidade, podem contribuir na aquisição de valores e hábitos importantes no campo da pesquisa, em particular, envolvendo crianças em idade escolar e as suas possíveis associações.

Por fim, mas não menos importante, e para além do texto escrito finalizado, gostaríamos de tecer um sucinto comentário enfatizando o processo de formação de um

professor doutor. Com efeito, a construção da tese de doutorado envolve caminhada por disciplinas que nunca antes imaginara aprofundar, porém necessárias para se adquirir a maturidade de um pesquisador. Além disso, a profundidade que as temáticas absorviam e a necessidade de sedimentar os conhecimentos que orbitaram a construção do professor pesquisador foi, de certa forma, desenhando-se para o caminho de uma ciência mais especializada, sem perder as raízes da pesquisa associada ao caráter humano.

## REFERÊNCIAS

- ABBOUD, R.J. Relevant foot biomechanics. **Current Orthopaedics**, n.16, p. 165–179, 2002.
- ABU-FARAJ, Z. O.; HARRIS, G. F.; SMITH, P.A.; HASSANI, S. Human gait and clinical movement analysis. In: **Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering**, 2ed, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, pp. 1-34, 2015.
- AMERICAN THORACIC SOCIETY (ATS). ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, n. 166, p. 111–117, 2002.
- AN, R.; YAN, H.; SHI, X.; YANG, Y. Childhood obesity and school absenteeism: a systematic review and meta-analysis. **Obesity Reviews**, v. 18, issue 12, p. 1412–1424, 2017.
- BARELA, J. A.; JEKA, J. J.; CLARK, J. E. Postural control in children - coupling to dynamic somatosensory information. **Experimental Brain Research**. 150:434–442, 2003.
- BILNEY, B.; MORRIS, M.; WEBSTER, K. Concurrent related validity of the GAITRite walkway system for quantification of the spatial and temporal parameters of gait. **Gait & Posture**, v. 17, pp. 68 – 74, 2003.
- BŁASZCZYK, J. W. The use of force-plate posturography in the assessment of postural instability. **Gait & Posture**, v. 44, p. 1–6, 2016.
- BOHANNON, R.W.; BUBELA, D.; MAGASI, S.; McCREATH, H.; WANG, Y.C.; REUBEN, D.; RYMER, W.Z.; GERSHON, R. Comparison of walking performance over the first 2 minutes and the full 6 minutes of the six-minute walk test. **Biomed Central Research Notes**, v. 7, issue 1, p. 1–6, 2014.
- BORG, G.A.V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 14, issue 5, p. 377–381, 1982.
- BOSCH, K.; GERß, J.; ROSENBAUM, D. Development of healthy children’s feet—Nine-year results of a longitudinal investigation of plantar loading patterns. **Gait & Posture**, v. 32, Issue 4, pp. 564 – 571, 2010.
- BRASIL - Ministério da Saúde. **Vigitel Brasil 2016: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico: estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados**. **Ministério da Saúde**, Brasília, 2017.
- BROWN, E.C.; KILGORE, J.L.; BUCHAN, D.S.; BAKER, J.S. A criterion-referenced assessment is needed for measuring child obesity. **Research in Sports Medicine**, p. 1–3, 2016.
- BULDT, A.K.; FORGHANY, S.; LANDORF, K.B.; et al. Foot posture is associated with plantar pressure during gait: a comparison of normal, planus and cavus feet. **Gait & Posture**, v. 62, p. 235–340, 2018.

BUTTERWORTH, P.A.; LANDORF, K.B.; GILLEARD, W.; URQUHART, D.M.; MENZ, H.B. The association between body composition and foot structure and function: a systematic review. **Obesity Reviews**, v. 15, p. 348–357, 2014.

BUTTERWORTH, P.A.; URQUHART, D.M.; LANDORF, K.B.; WLUKA, A.E.; CICUTTINI, F.M.; MENZ, H.B. (2015). Foot posture, range of motion and plantar pressure characteristics in obese and non-obese individuals. **Gait & Posture**, v. 41, issue 2, p. 465–469, 2015.

CACAU, L.A.P.; CARVALHO, V.O.; PIN, A.S.; DANIEL, C.R.A.; IKEDA, D.S.; DE CARVALHO, E.M, et al. Reference values for the 6-min walk distance in healthy children age 7 to 12 years in Brazil: main results of the TC6min Brazil multi-center study. **Respiratory Care**, v. 6, issue 3, p. 339–346, 2018.

CAETANO, C.E.; RESENDE, W.B.; CHEIK, N.C. Efeitos da obesidade no equilíbrio postural de adolescentes. **Revista Acta Brasileira do Movimento Humano**, v. 4, issue 2, p. 17–28, 2014.

CASTRO, J.A.C.; LIMA, T.R.; SILVA, D.A.S. Body composition estimation in children and adolescents by bioelectrical impedance analysis: a systematic review. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 22, issue 1, p. 134–146, 2018.

CASONATTO, J.; JOA, M.; RICARDO, E.; RONQUE V. Association between health-related physical fitness and body mass index status in children. **Journal Child Health Care**, p. 1–10, 2015.

CASTILLO, J.J.; HAZLETT, Z.S.; ORLANDO, R.A.; GARVER, W.S. A global evolutionary and metabolic analysis of human obesity gene risk variants. **Gene**, v. 627, p. 412–419, 2017.

CATAN, L.; AMARICAI, E.; ONOFREI, R.R.; POPOIU, C.M.; IACOB, E.R.; STANCIULESCU, C.M.; CERBU, S.; HORHAT, D.I. The impact of overweight and obesity on plantar pressure in children and adolescents: a systematic review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, issue 6600, p. 1–21, 2020.

CAVANAGH, P.R.; RODGERS, M.M. Technical note the arch index: a useful measure. **Journal of Biomechanics**, v. 20, issue 5, p. 547–551, 1987.

CESCHIA, A.; GIACOMINI, S.; SANTAROSSA, S.; RUGO, M.; SALVADEGO, D.; PONTE, A.; DRIUSSI, C.; et al. Deleterious effects of obesity on physical fitness in pre-pubertal children. **European Journal of Sport Science**, p. 37–41, 2015.

CHAUVEL, G.; PALLUEL, E.; BRANDAO, A.; BARBIERI, G.; NOUGIER, V.; OLIVIER, I. Attentional load of walking in children aged 7–12 and in adults. **Gait & Posture**, v. 56, p. 95–99, 2017.

CHIVERS, P.; LARKIN, D.; ROSE, E.; BEILIN, L.; HANDS, B. Low motor performance scores among overweight children: poor coordination or morphological constraints? **Human Movement Science**, v. 32, issue 5, p. 1127–1137, 2013.

CIBINELLO, F.U.; DAL POZZO, C.C.; DE MOURA, L.; SANTOS, G.M.; FUJISAWA, D.S. Teste de caminhada de seis minutos: desempenho de crianças com excesso de peso. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 23, issue 2, p. 142–146, 2017.

CIMOLIN, V.; CAU, N.; GALLI, M. Balance control in obese subjects during quiet stance: a state-of-the art. **Applied Sciences**, v. 10, issue 1842, p. 1–10, 2020.

COLE, T.J.; BELLIZZI, M.C.; FLEGAL, K.M.; DIETZ, W.H. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. **British Medical Journal**, v. 320, p. 1–6, 2000.

COLNÉ, P.; FRELUT, M.L.; PÉRES, G.; THOUMIE, P. Postural control in obese adolescents assessed by limits of stability and gait initiation. **Gait & Posture**, v. 28, issue 1, p. 164–169, 2008.

D'HONDT, E.; DEFORCHE, B.; DE BOURDEAUDHUIJ, I.; GENTIER, I.; TANGHE, A.; SHULTZ, S.; LENOIR, M. Postural balance under normal and altered sensory conditions in normal-weight and overweight children. **Clinical Biomechanics**, v. 26, issue 1, p. 84–89, 2011.

D'HONDT, E.; DEFORCHE, B.; DE BOURDEAUDHUIJ, I.; MATTHIEU LENOIR, M. Childhood obesity affects fine motor skill performance under different postural constraints. **Neuroscience Letters**, v. 440, Issue 1, pp. 72 – 75, 2008.

DIETZ, W. H.; ROBINSON, T. N. Use of the body mass index as a measure of overweight in children and adolescents. **Journal of Pediatric**, v. 132, pp. 191 – 193, 1998.

DOWLING, A.M.; STEELE, J.R.; BAUR, L.A. What are the effects of obesity in children on plantar pressure distributions? **International Journal of Obesity**, v. 28, issue 11, p. 1514–1519, 2004.

DUARTE, M.; FREITAS, S.M. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, issue 3, p. 183–192, 2010.

DUFEK, L. S.; CURRIE, E. L.; GOUWS, F-L.; CANDELA, L.; GUTIERREZ, A. P.; MERCER, J. A.; PUTNEY, L. G. Effects of overweight and obesity on walking characteristics in adolescents. **Human Movement Science**, v. 31, p. 897–906, 2012.

DUSING, S. C.; THORPE, D. E. A normative sample of temporal and spatial gait parameters in children using the GAITRite electronic walkway. **Gait & Posture**, v. 25, pp. 135 -139, 2007.

EGERTON, T.; THINGSTAD, P.; HELBOSTAD, J. L. Comparison of programs for determining temporal-spatial gait variables from instrumented walkway data: PKmas versus GAITRite. **BioMed Central Research Notes**, v. 7, issue 542, pp. 1 – 7, 2014.

ESCUADERO-URIBE, S.; HOCHSPRUNG, A.; IZQUIERDO-AYUSO, G. Gait pattern changes after six-minute walk test in persons with multiple sclerosis. **Physiotherapy Research International**, p. 1–10, 2018.

EZZAT, A.M.; SCHNEEBERG, A.; KOEHOORN, M.; EMERY, C.A. Association between body composition and sport injury in Canadian adolescents. **Physiotherapy Canada**, v. 68, issue 3, p. 275–281, 2016.

FILIPPIN, N.T.; BARBOSA, V.L.; SACCO, I.C.N.; DA COSTA, P.H.L. Efeitos da obesidade na distribuição de pressão plantar em crianças. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, issue 6, p. 495–501, 2007.

FOSS, M.L.; KETEVIAN, S.J. **Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte**. 2ed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

FOURCHET, F.; KELLY, L.; HOROBEANU, C.; LOPELT, H.; TAIAR, R. High-intensity running and plantar-flexor fatigability and plantar-pressure distribution in adolescent runners. **Journal of Athletic Training**, v. 50, issue 2, p. 117–125, 2015.

FREUDENTHALER, T.; IVAD, A.; PAULMICHL, K.; WEGHUBER, D.; RING-DIMITRIOU, S. Locomotor fitness in early childhood obesity. A pilot study of SALTO. **Appetite**, v. 89, p. 310, 2015.

GRABINER, P. C.; BISWAS, S. T.; GRABINER, M. D. Age-related changes in spatial and temporal gait variables. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 82, issue 1, pp. 31 – 35, 2001.

GUFFEY, K.; REGIER, M.; MANCINELLI, C.; PERGAMI, P. Gait parameters associated with balance in healthy 2-4 year-old children. **Gait & Posture**, v. 43, p. 165–169, 2016.

GÜNGÖR, N.K. Overweight and obesity in children and adolescents. **Journal Clinical Research Pediatric Endocrinology**, v. 6, issue 3, p. 129–143, 2014.

GUO, G.; GUFFEY, K.; CHEN, W.; PERGAMI, P. Classification of normal and pathological gait in young children based on foot pressure data. **Neuroinformatics**, v. 15, issue 1, p 13–24, 2017.

HAN, J.C.; LAWLOR, D.A.; KIMM, S.Y.S. Childhood obesity – 2010: progress and challenges. **The Lancet**, v. 375, issue 9727, p. 1737–1748, 2010.

HENNIG, E. M. Gait analysis and the biomechanics of human locomotion, In: **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica**, Florianópolis, UDESC, pp.15-18, 1999.

HORAK, F.B.; SHUPERT, C.L.; MIRKA, A. Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. **Neurobiology of Aging**, v. 10, p. 727–738, 1989.

HUE, O.; SIMONEAU, M.; DORE, J.; MARCEAU, P.; MARCEAU, S.; TREMBLAY, A.; TEASDALE, N. Body weight is a strong predictor of postural stability. **Gait & Posture**, v. 26, p. 32–38, 2007.

HURT, R.T.; KULISEK, C.; BUCHANAN, L.A.; McCLAVE, S.A. The obesity epidemic: challenges, health initiatives, and implications for gastroenterologists. **Gastroenterology & Hepatology**, v. 6, issue 12, p. 780–792, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos do Brasil. **IBGE**, Rio de Janeiro, 2010.

IWAMA, A. M.; ANDRADE, G. N.; SHIMA, P.; S.E. TANNI, S. E.; GODOY, I.; DOURADO, V. Z. The six-minute walk test and body weight-walk distance product in healthy Brazilian subjects. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 42, pp. 1080 – 1085, 2009.

JANKOWICZ-SZYMANSKA, A.; MIKOLAJCZYK, E.; WODKA, K. Correlations among foot arching, ankle dorsiflexion range of motion, and obesity level in primary school. **Journal of American Podiatric Medicine Association**, v. 107, issue 2, p. 130–136, 2017.

JONELY, H.; BRISMÉE, J.; SIZER, P.S.; JAMES, C.R. Relationships between clinical measures of static foot posture and plantar pressure during static standing and walking. **Clinical Biomechanics**, v. 26, issue 8, p. 873–879, 2011.

KAMAL, S.A. In search of a definition of childhood obesity. **International Journal of Biology and Biotechnology**, v. 14, issue 1, p. 49–67, 2017.

KATZMARZYK, P.T. Physical activity and obesity in pediatric exercise science. **Pediatric Exercise Science**, v. 27, issue 4, p. 429–430, 2015.

KEIJSERS, N.L.W.; STOLWIJK, N.M.; PATAKY, T.C. Linear dependence of peak, mean, and pressure – time integral values in plantar pressure images. **Gait & Posture**, v. 31, p. 140–142, 2010.

KLENERMAN, L. Functional anatomy. In: KLENERMAN, L. **The Foot and its Disorders**, 3ed., Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications, Chapter 1, pp. 1-9, 1991.

LANG, J.J. Exploring the utility of cardiorespiratory fitness as a population health surveillance indicator for children and youth: an international analysis of results from the 20-m shuttle run test. **Applied Physiology, Nutrition & Metabolism**, v. 43, issue 2, p. 211, 2018.

LEE, S.Y.; GALLAGHER, D. Assessment methods in human body composition. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v. 11, issue 5, p. 566–572, 2008.

LEIDECKER, E.; KELLERMANN, P.; TISZBERGER, M.G.; MOLICS, B.; BOHNER-BEKE, A.; NYÁRÁDY, J.K. Analysis of plantar pressure patterns among obese population. **Orvosi Hetilap**, v. 157, issue 48, 1919–1925, 2016.

LI, A.M.; YIN, J.; TSANG, T.; SO, H.K.; WONG, E.; CHAN, D.; SUNG, R. The six-minute walk test in healthy children: reliability and validity. **European Respiratory Journal**, v. 25, issue 6, p. 1057–1060, 2005.

LOHMAN, T.G.; ROCHE, A.F.; MARTORELL, R. Skinfold thickness and measurement technique. In: **Anthropometric Standardization Reference Manual**. Champaign: Human Kinetics, 1988.

MAHAFFEY, R.; MORRISON, S.C.; BASSETT, P.; DRECHSLER, W.I.; CRAMP, M.C. The impact of body fat on three dimensional motion of the paediatric foot during walking. **Gait & Posture**, v. 44, p. 155–160, 2016.

MAKTOUF, W.; GUILHERME, C.; BOYAS, S.; BEAUNE, B.; DURAND, S. Relationships between lower limbs fatigability threshold and postural control in obese adults. **Journal of Biomechanics**, v. 105, p. 1–6, 2020.

MANAWAT, R.; SHWETA, S. Effect of six-minute walk test in obesity. **International Journal of Medical Science and Public Health**, v. 7, issue 4, pp. 260 – 263, 2018.

MEI, Z.; GRUMMER-STRAWN, A. M.; PIETROBELLI, A.; GOULDING, A.; MICHAEL I GORAN, M. I.; DIETZ, W. H. Validity of body mass index compared with other body-composition screening indexes for the assessment of body fatness in children and adolescents. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 75, pp. 978 – 985, 2002.

McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Performance Humana**, 6ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MELZER, I.; ODDSSON, L.I.E. Altered characteristics of balance control in obese older adults. **Obesity Research & Clinical Practice**, p. 1–8, 2015.

MENEGONI, F.; TACCHINI, E.; BIGONI, M.; VISMARA, L.; PRIANO, L.; GALLI, M.; CAPODAGLIO, P. Mechanisms underlying center of pressure displacements in obese subjects during quiet stance. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 8, issue 20, p. 6–11, 2011.

MENG, H.; O'CONNOR, D. P.; LEE, B-C.; LAYNE, C, S.; GORNIK, S. L. Alterations in over-ground walking patterns in obese and overweight adults. **Gait & Posture**, v. 53, pp. 145 – 150, 2017.

MENZ, H. B. Two feet, or one person? Problems associated with statistical analysis of paired data in foot and ankle medicine. **Foot**, v. 14, pp. 2 – 5, 2004.

MESQUITA, P.; GONÇALVES, S.; LIMA, R.M.; CARPES, F.; DE DAVID, A. Childhood obesity is associated with altered plantar pressure distribution during running. **Gait & Posture**, v. 62, p. 202–205, 2018.

MICKLE, K.J.; STEELE, J.R.; MUNRO, B.J. Does excess mass affect plantar pressure in young children? **International Journal of Pediatric Obesity**, v. 1, issue 3, p. 183–188, 2006.

MORAG, E.; CAVANAGH, P.R. Structural and functional predictors of regional peak pressures under the foot during walking. **Journal of Biomechanics**, v. 32, p. 359–370, 1999.

MORINDER, G. Six-minute walk test in obese children and adolescents: reproducibility and validity. **Physiotherapy Research International**, v. 14, p. 91–104, 2009.

MOTILAN, S.; PERGAMI, P.; GUFFEY, K.; MANCINELLI, C.A.; DORETTO, G. Automated extraction and validation of children's gait parameters with the Kinect. **BioMedical Engineering Online**, v. 14, issue 1, p. 1–36, 2015.

MUELLER, S.; CARLSOHN, A.; MUELLER, J.; BAUR, H.; MAYER, F. Influence of obesity on foot loading characteristics in gait for children aged 1 to 12 years. **PLoS ONE**, v. 11, issue 2, p. 1–12, 2016.

NANTEL, J.; BROCHU, M.; PRINCE, F. Locomotor strategies in obese and non-obese children. **Obesity**, v. 14, issue 10, pp. 1789 – 1794, 2006.

NEMET, D. Childhood obesity, physical activity, and exercise. **Pediatric Exercise Science**, v. 27, issue 8, p. 42–47, 2015.

NG, M.; FLEMING, T.; ROBINSON, M.; THOMSON, B.; GRAETZ, N.; MARGONO, C.; MULLANY, E.C. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980 – 2013: a systematic analysis for the global burden of disease study 2013. **Lancet**, v. 384, p. 766–781, 2014.

NORDIN, M.; FRANKEL, V.H. **Biomecânica básica do sistema músculo esquelético**. 3ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

NUTTALL, F.Q. Body mass index: obesity, BMI, and health: a critical review. **Nutrition Today**, v. 50, issue 3, p. 117–128, 2015.

OGURI, M.; FUJIMAKI, T.; HORIBE, H.; KATO, K.; MATSUI, K.; TAKEUCHI, I.; YAMADA, Y. Obesity-related changes in clinical parameters and conditions in a longitudinal population-based epidemiological study. **Obesity Research & Clinical Practice**, p. 1–16, 2016.

OKURO, R.T.; GONC, M.A.; RIBEIRO, D.; MINSKY, R.C.; ISABEL, C.; SCHIVINSKI, S. Alternative indexes to estimate the functional capacity from the 6-minute walk test in children and adolescents with cystic fibrosis. **Respiratory Care**, v. 62, issue 3, p. 324–332, 2017.

OLIOSA, P.R.; ZANIQUELI, D.; ALVIM, R.O.; BARBOSA, M.C.R.; MILL, J.G. Body fat percentage is better than indicators of weight status to identify children and adolescents with unfavorable lipid profile. **Journal of Pediatric**, v. 95, issue 1, p. 112–118, 2019.

OLSON, J.; ALDRICH, H.; CALLAHAN, T.J.; MATTHEWS, E.E.; GANCE-CLEVELAND, B. Characterization of childhood obesity and behavioral factors. **Journal of Pediatric Health Care**, p. 1–9, 2015.

O'MALLEY, G.; RING-DIMITRIOU, S.; NOVICKA, P.; VANIA, A.; FRELUT, M-L.; FARPOUR-LAMBERT, N.; WEGHUBER, D.; THIVEL, D. Physical activity and physical fitness in pediatric obesity: what are the first steps for clinicians? Expert conclusion from the 2016 ECOG workshop. **International Journal of Exercise Science**, v. 10, issue 4, p. 487-496, 2017.

OSTOLIN, T. L. V. P.; GONZE, B. B.; de JESUS, M. O.; ARANTES, R. L.; SPERANDIO, E. F.; DOURADO, V. Z. Effects of obesity on postural balance and occurrence of falls in asymptomatic adults. **Fisioterapia em Movimento**, v. 33, pp. 1 – 13, 2020.

PAU, M.; LEBAN, B.; PAU, M. Alterations in the plantar pressure patterns of overweight and obese schoolchildren due to backpack carriage. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, v. 103, issue 4, p. 306–313, 2013.

PERRY, J. **Análise marcha – volume 3: Sistemas de análise da marcha**. Barueri/SP: Manole, 2005.

PETRIDOU, A.; SIOPI, A.; MOUGIOS, V. Exercise in the management of obesity. **Metabolism Clinical and Experimental**, v. 92, p. 163-169, 2019

PHETHEAN, J.; NESTER, C. The influence of body weight, body mass index and gender on plantar pressures: results of a cross-sectional study of healthy children's feet. **Gait & Posture**, v. 36, issue 2, p. 287–290, 2012.

PHILLIPS, C.M. Metabolically healthy obesity across the life course: epidemiology, determinants, and implications. **Annals of the New York Academy of Sciences**, p. 85–100, 2016.

PIRES, S.R.; OLIVEIRA AC, PARREIRA VP & BRITO RR. Teste de caminhada de seis minutos em diferentes faixas etárias e índices de massa corporal. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, issue 2, p. 147–151, 2007.

PIROZZI, K.; McGUIRE, J.; MEYR, A.J. Effect of variable body mass on plantar foot pressure and off-loading device efficacy. **The Journal of Foot & Ankle Surgery**, v. 53, issue 5, p. 588–597, 2014.

POGODINA, A.; RYCHKOVA, L.; KRAVTZOVA, O.; KLIMKINA, J.; KOSOVITZEVA, A. Cardiometabolic risk factors and health-related quality of life in adolescents with obesity. **Childhood Obesity**, v. 13, issue 6, p. 499–506, 2017.

PUTTI, A.B.; ARNOLD, G.P.; COCHRANE, L.A.; ABOUD, R.J. Normal pressure values and repeatability of the Emed ST4 system. **Gait & Posture**, v. 27, p. 501–505, 2008.

RETORY, Y.; DE PICCIOTTO, C.; NIEDZIALKOWSKI, P. Body mass index-dependent ventilatory parameters from respiratory inductive plethysmography during 6-minute walk test. **Respiratory Care**, v. 61, issue 4, p. 521–528, 2016.

REYCHLER, G.; DEBATISSE, M.; LEBECQUE, P.; PIETERS, T.; LIISTRO, G.; GOHY, S. Variability of gait speed during six minutes walking test in COPD and cystic fibrosis patients. **Gait & Posture**, v. 49, p. 36–40, 2016.

ROMAN-LIU, D. Age-related changes in the range and velocity of postural sway. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 77, p. 68–80, 2018.

ROCHA, E.S.; BRATZ, D.T.K.; GUBERT, L.C.; DE DAVID, A. C.; CARPES, F.P. Obese children experience higher plantar pressure and lower foot sensitivity than non-obese. **Clinical Biomechanics**, v. 29, issue 7, p. 822–827, 2014.

ROSE, J.; GAMBLE, J. G. **Marcha humana**. 2ed. São Paulo: Editorial Premier; 1998.

ROSS, R. M.; MURTHY, J. N.; WOLLAK, I. D.; JACKSON, A. S. Research article the six minute walk test accurately estimates mean peak oxygen uptake. **BioMed Central Pulmonary Medicine**, v. 10, issue 31, pp. 1 – 9, 2010.

SAHOO, K.; SAHOO, B.; CHOUDHURY, A.K.; SOFI, N.Y.; KUMAR, R.; BHADORIA, A.S. Childhood obesity: causes and consequences. **Family Practice**, v. 4, issue 2, p. 2–7, 2015.

SHULTZ, S.P.; BYRNE, N.M.; HILLS, A.P. Musculoskeletal function and obesity: implications for physical activity. **Current Obesity Reports**, v. 3, issue 3, p. 355–360, 2014.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M.H. **Controle Motor: Teoria e Aplicações Práticas**. 3ed. Barueri: Manole, 2010.

SONG-HUA, Y.; LU, W.; KUAN, Z. Effects of different movement modes on plantar pressure distribution patterns in obese and non-obese Chinese children. **Gait & Posture**, v. 57, p. 28–34, 2017.

SONG-HUA, Y.; KUANA, Z.; GOU-GING, T.; JINC, Y.; ZHI-CHENGET, L. Effects of obesity on dynamic plantar pressure distribution in Chinese prepubescent children during walking. **Gait & Posture**, v. 37, n. 1, p. 37–42, 2013.

STEINBERG, N.; RUBINSTEIN, M.; NEMET, D.; AYALON, M.; ZEEV, A.; PANTANOWITZ, M.; BROSH, T.; ELIAKIM, A. Effects of a program for improving biomechanical characteristics during walking and running in children who are obese. **Pediatric Physical Therapy**, v. 29, issue 4, p. 330–340. 2017.

STEINBERG, N.; ELIAKIM, A.; PANTANOWITZ, M.; KOHEN-RAZ, R.; ZEEV, A.; NEMET, D. The effect of a weight management program on postural balance in obese children. **European Journal of Pediatrics**, v. 172, pp. 1619–1626, 2013.

SWARNALATHA, S.; SIVASHANKARI, A.; MALARVIZHI, D. Correlation between body mass index and dynamic postural control among young healthy adults. **Biomedical Research and Clinical Practice**, v. 3, issue 3, pp. 1-6, 2018.

TOMLINSON, D.J.; ERSKINE, R.M.; MORSE, C.I.; WINWOOD, K.; ONAMBÉLÉ-PEARSON, G. The impact of obesity on skeletal muscle strength and structure through adolescence to old age. **Biogerontology**, v. 17, issue 3, p. 467–483, 2016.

TORTORA, G. J. **Princípios de Anatomia Humana**. 10ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, p. 234-237, 2007.

TSIROS, M.D.; BRINSLEY, J.; MACKINTOSH, S.; THEWLIS, D. Relationships between adiposity and postural control in girls during balance tasks of varying difficulty. **Obesity Research & Clinical Practice**, v. 13, issue 4, p. 358–364, 2019.

TSIROS, M.D.; COATES, A.M.; HOWE, P.R.C.; GRIMSHAW, P.N.; WALKLEY, J.; SHIELD, A.; MALLOWS, R. Knee extensor strength differences in obese and healthy-weight 10-to 13-year-olds. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, issue 6, p. 1415–1422, 2013.

TURNER, G.L.; OWEN, S.; WATSON, P.M. Addressing childhood obesity at school entry: qualitative experiences of school health professionals. **Journal Child Health**, p. 1–10, 2015.

TYSON, N.; FRANK, M. Childhood and adolescent obesity definitions as related to BMI, evaluation and management options. **Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology**, pp. 1 – 21, 2017.

ULRICH, S.; HILDENBRAND, F.F.; TREDER, U.; FISCHLER, M.; KEUSCH, S.; SPEICH, R. Reference values for the 6-minute walk test in healthy children and adolescents in Switzerland. **Biomed Central Pulmonary Medicine**, v. 13, issue 49, p. 1–11, 2013.

UMER, A.; KELLEY, G.A.; COTTRELL, L.E.; GIACOBBI, P.; INNES, K.E.; LILLY, C.L. Childhood obesity and adult cardiovascular disease risk factors: a systematic review with meta-analysis. **Biomed Central Public Health**, v. 17, issue 1, p. 1–24, 2017.

VANDONI, M.; CORREALE, L.; PUCI, M.V.; GALVANI, C.; CODELLA, R.; TOGNI, F.; LA TORRE, A. Six minute walk distance and reference values in healthy Italian children: a cross-sectional study. **PLoS ONE**, v. 13, issue 10, p. 1–9, 2018.

VIE, B.; GRIFFON, P.; BIJOUX, A.; CADIERE, J.; PAUL, J.; JAMMES, Y. Effect of the 6-minute walk test on plantar loading and capability to produce ankle plantar flexion forces. **Gait & Posture**, v. 49, p. 61–66, 2016.

WANG, Y.; CAI, L.; WU, Y.; WILSON, R. F.; WESTON, C.; O. FAWOLE, O. et al. What childhood obesity prevention programmes work? A systematic review and meta-analysis. **Obesity Reviews**, v. 16, n. 7, p. 547–565, 2015

WEARING, S.; HENNIG, E.M.; BYRNE, N.M.; STEELE, J.R.; HILLS, A.P. The impact of childhood obesity on musculoskeletal form. **Obesity Reviews**, v. 7, p. 209–218, 2006.

WINTER, D. A. **Biomechanics and motor control of human movement**. 3ed. Hoboken: John Wiley & Sons; 2005

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. Commission on ending childhood obesity - report of the commission on ending childhood obesity. **World Health Organization**, Geneva, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. Prevention of noncommunicable diseases (PND) Childhood overweight and obesity on the rise. **World Health Organization**, Geneva, 2013.

WRIGHT, S.M.; ARONNE, L.J. Causes of obesity. **Abdominal Imaging**, v. 37, issue 5, p. 730–732, 2012.

YAN, S.; LI, R.; SHI, B.; WANG, R.; YANG, L. Mixed factors affecting plantar pressures and center of pressure in obese children: obesity and flatfoot. **Gait & Posture**, v. 80, issue 24, p. 7–13, 2020.

ZHAO, Y.; ZHENG, D.; YAN, S-H.; LIU, M.; YANG, L. Children with obesity experience different age-related changes in plantar pressure distributions: a follow-up study in China.

**International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, issue 6602, p. 1–10, 2020.

## APÊNDICE 1 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**Universidade de Brasília**  
**Faculdade de Educação Física**  
**Programa de Pós-Graduação em Educação Física**

### *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE*

Convidamos o/a responsável e seu filho(a) a participar **voluntariamente** do projeto de pesquisa “**Efeitos Agudos da Atividade de Caminhada no Equilíbrio Postural e na Distribuição de Pressão Plantar em Crianças Obesas e Crianças Eutróficas**”, do programa de Pós-Graduação em Educação Física, nível doutorado, da Universidade de Brasília - UnB, sob a responsabilidade da pesquisadora **Ana Cristina de David**. A justificativa para essa pesquisa é que dados do Ministério da Saúde em 2016 apontaram que o crescimento da obesidade é um dos fatores que pode colaborar para o aumento das Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT), e essas doenças influenciam a condição de vida da população brasileira. Além dos problemas das DCNT, estudos recentes mostram limitações musculoesqueléticas na população infanto-juvenil obesa capazes de interferir nos aspectos biomecânicos relacionados ao andar e o correr, considerando o equilíbrio postural e a distribuição de pressão plantar, além do desempenho motor. Dessa forma, **o objetivo desta pesquisa é: comparar o comportamento das variáveis do equilíbrio postural e da distribuição de pressão plantar em crianças obesas e não obesas, antes e após a realização de um teste de caminhada**. A coleta de dados da pesquisa terá duração de 2 períodos, o primeiro período (matutino ou vespertino): considerado para a apresentação do projeto entre os participantes e os responsáveis; assinatura do termo de consentimento para os responsáveis; assinatura do termo de assentimento para os participantes; Preenchimento de questionário como anamnese e recordatório alimentar; O segundo período (matutino ou vespertino): nas instituições parceiras (escolas de ensino fundamental, crianças na faixa etária de 7 a 10 anos, ambos os sexos): mensuração dos registros antropométricos (massa corporal, estatura e índice de massa corporal): registro da distribuição de pressão plantar andando em velocidade auto selecionada sobre plataforma apropriada; mensuração do equilíbrio postural adotando duas condições (olhos abertos com base estável e olhos fechados com base instável “espuma”); no teste de caminhada de 6 minutos em percurso de 20m haverá registro da frequência cardíaca inicial e final, anotação da percepção subjetiva de esforço a cada minuto e a distância percorrida (registrada em metros), e imediatamente após o Teste de Caminhada, refazer os testes da distribuição de pressão plantar e do equilíbrio postural. Previsão de tempo de 40 minutos para a realização dos testes e medições do 2º período. Vocês receberão todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que o nome do(a) menor não aparecerá, sendo mantido o mais rigoroso sigilo pela omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo/a. A sua participação se dará por meio da realização dos testes e medições, antes e depois do Teste de Caminhada de 6 Minutos. A massa corporal e a estatura serão utilizadas para calcular o índice de massa corporal (IMC) e posterior classificação nutricional de acordo com a Organização Mundial de Saúde. Os participantes serão divididos em dois grupos de acordo com o IMC para a faixa etária, **Grupo com Peso Normal (PN)** formado por crianças eutróficas, e o **Grupo com Obesidade (OB)** formado por crianças obesas. Essa atividade de avaliação será realizada em local específico determinado pela coordenação da instituição parceira. A pesquisa atende aos fundamentos éticos e científicos que são pertinentes aos estudos com seres humanos, implicando no respeito ao participante da pesquisa em sua dignidade e autonomia, reconhecendo sua vulnerabilidade, assegurando sua vontade de contribuir e permanecer na pesquisa, ou não, por intermédio de manifestação expressa, livre e esclarecida. A metodologia utilizada pondera entre riscos e benefícios, tanto conhecidos como potenciais, individuais ou coletivos, comprometendo-se com

o máximo de benefícios e o mínimo de danos e riscos, garantindo que danos previsíveis sejam evitados.

Toda pesquisa envolve riscos em tipos e gradações variadas. Os riscos decorrentes da participação nessa pesquisa são possível dor muscular tardia devido ao teste de caminhada; sensação de cansaço e alteração da frequência cardíaca durante o teste de caminhada. Para amenizar os riscos previstos, as variáveis de frequência cardíaca serão acompanhadas e controladas por frequencímetro durante o teste de caminhada. O cansaço será mensurado durante o teste de caminhada por meio de escalas de percepção de esforço. Para amenizar o risco de dor tardia, serão realizados um aquecimento e um alongamento corporal antes dos testes e no início do teste de caminhada. Outros riscos envolvem quedas durante as avaliações de equilíbrio e o teste de caminhada que serão minimizados por meio de familiarização com os testes, com a utilização movimentos simples durante a realização do teste de caminhada. Para maior segurança, ainda teremos monitores treinados que acompanharão as atividades. Quanto a possíveis danos a dimensão psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual dos participantes na realização dos testes, nosso estudo apresenta riscos reduzidos, no entanto, caso aconteçam, como forma de ameniza-los, será criado um ambiente humanizado, com diálogos constantes, interações familiares, esclarecendo as dúvidas continuamente e valorizando as relações para manter um ambiente saudável para a melhoria dos envolvidos no projeto. Todos os testes e medidas serão realizados por profissionais com ampla experiência e preparados para realização de primeiros socorros em casos de acidentes.

Em casos de emergências com os participantes do estudo, os pesquisadores serão os responsáveis pela assistência imediata, atendendo as necessidades que ocorrerem. Dentre os benefícios indiretos do estudo, os grupo com PN e OB terão variáveis relacionadas à saúde, a biomecânica do andar e de aptidão física avaliadas, interpretadas e apresentadas aos responsáveis das crianças. Além disso, como benefícios diretos, espera-se que os grupos PN e OB tenham maior interesse pelas variáveis da aptidão física associadas a saúde, aos aspectos relacionados ao andar, pretendendo que esses efeitos continuem a se fazer sentir após sua conclusão, com a mudança de hábitos dos envolvidos. O estudo tem relevância social, garantindo a igual consideração dos interesses envolvidos, não perdendo o sentido de sua destinação sócio humanitária, sendo adequada aos princípios científicos que o justifica. A pesquisa assegura a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros.

A metodologia nesse estudo está fundamentada na experimentação prévia com modelos de comprovação científica. Dessa forma, todo o processo de coleta de dados ocorrerá seguindo os padrões especificados pelos protocolos já existentes na literatura. Não há despesas previstas para o participante em qualquer fase do estudo, também não há compensação financeira relacionada à sua participação, que será voluntária. Se existir qualquer despesa adicional à mesma será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Os pesquisadores responsáveis proporcionarão assistência imediata, bem como se responsabilizarão pela assistência integral aos participantes da pesquisa no que se refere às complicações e danos decorrentes da pesquisa. Todas as despesas que o/a menor e seu acompanhante tiverem relacionadas diretamente ao projeto de pesquisa (tais como, alimentação no local da pesquisa) serão cobertas pela equipe coordenadora do projeto e a pesquisadora responsável. Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente de sua participação na pesquisa, você deverá buscar ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil.

Se vocês aceitarem participar, estarão contribuindo a descrever entre essas crianças as seguintes variáveis: o equilíbrio postural e a distribuição de pressão plantar, antes e após a um teste de

caminhada de 6 minutos que, por sua vez, tem associação com a aptidão aeróbia e, além disso, a intensidade dessa caminhada pode ser associada a intensidade de uma atividade da aula de educação física, ou a intensidade semelhante a de uma atividade da vida diária.

Vocês podem se recusar a responder ou participar de qualquer procedimento ou questão que lhes tragam constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para vocês.

Os resultados da pesquisa serão divulgados no Programa de Pós Graduação em Educação Física da UnB e nas instituições parceiras (escolas de ensino fundamental), podendo ser publicados em revistas científicas posteriormente. Os dados e materiais serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão sob a guarda da pesquisadora por um período de 5 anos, após isso serão destruídos.

Qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone, inclusive a cobrar para: Flavius Cunha (pesquisador assistente) estudante de doutorado na Faculdade de Educação Física – UnB, no telefone (61) 99198-4426 ou por email: flaviusmaranhao@gmail.com, ou Ana Cristina de David (pesquisadora responsável) professora na Faculdade de Educação Física – UnB, no telefone (61) 3701-2584 ou (61) 99985-6684.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde (CEP/FS) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidas pelo telefone (61) 3107-1947 ou do e-mail cepfs@unb.br ou cepfsunb@gmail.com, horário de atendimento de 10:00hs às 12:00hs e de 13:30hs às 15:30hs, de segunda a sexta-feira. O CEP/FS se localiza na Faculdade de Ciências da Saúde, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte.

Caso concorde em participar, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com a equipe responsável pela pesquisa e a outra com os responsáveis pelo participante.

.....  
Responsável pelo/a participante

.....  
Flavius Augusto Pinto Cunha

Brasília, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

## APÊNDICE 2 – Termo de Assentimento (7 a 10 anos)

**Universidade de Brasília**  
**Faculdade de Educação Física**  
**Programa de Pós-Graduação em Educação Física**

*Termo de Assentimento Livre e Esclarecido – TALE (crianças entre 7 e 9 anos)*

Você está sendo convidado(a) para participar de uma pesquisa que quer saber o que acontece **com a força na sola do seu pé quando você anda e com o seu equilíbrio, antes e depois de uma caminhada**. Seus pais/responsáveis permitiram que você participe. Nós vamos ler o texto com você e explicar o objetivo da pesquisa. Queremos saber como **a sola do seu pé e o seu equilíbrio ficam antes e depois de um teste de caminhada** e se isso é capaz de afetar sua capacidade de participação em jogos, brincadeiras, na forma de andar, ou nas atividades do dia a dia. Várias crianças da sua mesma idade, entre 7 e 10 anos, serão convidadas a participar também. Você não precisa participar da pesquisa se não quiser, é um direito seu, não terá nenhum problema se desistir. Na pesquisa nós vamos fazer alguns testes e medidas na própria **escola**. Nós vamos nos encontrar 2 vezes:

**1ª vez:** será a apresentação do projeto e a seleção dos participantes; teremos a autorização dos responsáveis por escrito, o preenchimento de um questionário pelos responsáveis, e a medição do corpo como peso e altura.

**2ª vez:** Na própria escola, em uma sala apropriada, mediremos com uma balança especial, a força na sola do seu pé quando pisar na balança, e mediremos também o seu equilíbrio parado em outra balança, nessa balança de equilíbrio será de duas diferentes formas, a primeira em piso normal e olhos abertos, e a segunda, de olhos fechados sobre uma espuma. Depois de medir com essas duas balanças, nós vamos fazer um teste de caminhada que tem duração de 6 minutos. Então, quando finalizar o teste de caminhada, nós vamos novamente medir com as duas balanças. Essas duas etapas podem ser vistas nos desenhos abaixo:

### Etapa 1 (Na instituição parceira)



Apresentando

Autorização

Medidas do corpo

Seleção

Participantes

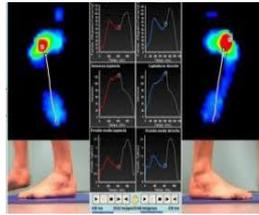
O projeto

Questionário

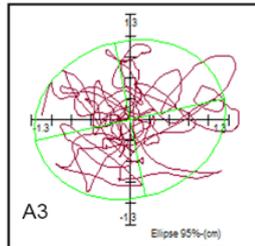
## Etapa 2 (Na instituição parceira)



a) Força na sola do pé



b) Equilíbrio postural



c) Teste de caminhada de 6 minutos  
Refazer os testes (a, b)

Nós vamos usar equipamentos apropriados e seguros para esses testes, mas é possível ocorrer alguns riscos como: **dor muscular devido os testes de equilíbrio o teste de caminhada; sensação de cansaço em função do aumento nos batimentos do coração durante o teste de caminhada; assim como possibilidade de quedas durante o teste de caminhada.** Porém, tentaremos evitar esses riscos com a realização de aquecimento e alongamento antes dos testes e da caminhada, além disso, teremos o acompanhamento da intensidade das batidas do coração e da sensação de cansaço com profissionais capacitados durante os testes.

Caso aconteça algum problema após os testes, você pode nos procurar pelos telefones, inclusive com ligação a cobrar para (61) 99198-4426 (pesquisador assistente Flavius Cunha), ou para (61) 3701-2584 ou (61) 99985-6684 (coordenadora da pesquisa Ana Cristina de David). Mas há coisas boas que podem acontecer como: **ter acompanhamento e avaliação das medidas do corpo, das forças no pé, do equilíbrio do corpo e do desempenho no teste de caminhada, realizados por equipe especializada.** Se você morar longe da UnB, forneceremos a seus pais/responsáveis dinheiro suficiente para transporte e eventuais gastos que forem realizados. Ninguém saberá que você está participando da pesquisa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os **resultados serão apresentados para a equipe das instituições parceiras, aos participantes da pesquisa e seus responsáveis.** Além disso, serão enviados para publicação em revistas científicas e em congressos científicos, sem a identificação dos participantes. Se você tiver alguma dúvida,

você pode perguntar ao **pesquisador assistente Flavius Cunha**. Eu digitei os telefones na parte de cima desse texto.

Sendo assim, declaro que Eu \_\_\_\_\_ entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir que ninguém vai ficar furioso. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis. Recebi uma via deste termo de assentimento que foi lido e assinado concordando em participar da pesquisa.

Brasília/DF, ..... de..... de .....

.....  
Assinatura do/a menor

.....  
Pesquisador Responsável

**APÊNDICE 3 – Questionário/Anamnese**

**Universidade de Brasília**  
**Faculdade de Educação Física**  
**Programa de Pós-Graduação em Educação Física**  
**ANAMNESE**

- Registro no.:.....

F ( ) M ( )

**I - IDENTIFICAÇÃO**

- Nome da criança: .....

- Data de Nascimento da criança: .../.../..... Idade:.....

- Escola que estuda?..... Série que cursa:.....

- Nome do Responsável: .....

- Profissão do responsável:.....

- Endereço: .....

Nº.:..... Compl.:..... Bairro:.....

Cidade:..... Cep:.....

**II - CONTATO**

- Cel:.....Res.....

- Email: .....

**III - HÁBITOS**

1- Alguém na família é fumante? Não ( ) Sim ( ) Quem?.....

2- Alguém consome álcool na família? Não ( ) Sim ( ) Quem?.....

Qual frequência p/semana?..... Quantidade em copos:.....

3- A criança participa das aulas de educação física na escola?

Não ( ) Sim ( ) Qual atividade mais praticada?.....

4- Em relação a atividade física realizada de forma regular pela criança fora da escola?

Já praticou? Não ( ) Sim ( ) Qual?..... Por quanto tempo?.....

Está praticando atualmente? Não ( ) Sim ( ) Qual modalidade:.....

Qual a frequência semanal?.....

5- Quanto tempo a criança está sem fazer atividade física? .....quantidade em meses.

6- A criança está em programa de dieta?

Não ( ) Sim ( ) Qual:.....

7- Horas de sono a criança tem por dia?

Que hora Dorme:.....h. Que hora Acorda:.....h. Quantidade de horas de sono:.....

8- Quanto tempo (horas) p/ dia assiste Tv?.....

9- Quanto tempo (horas) por dia usa tecnologias (celular/games/internet)?.....

**IV - SAÚDE**

10- Alérgico a algum medicamento?

Não ( ) Sim ( ) Qual:.....

11- É usuário de medicamento de uso contínuo:

Não ( ) Sim ( ) Qual:.....

12- Tem sentindo dores no corpo ultimamente?

Não ( ) Sim ( ) Em que região do corpo?.....

13- Apresenta algumas dessas doenças?

Diabetes Não ( ) Sim ( ) Qual:.....

Hipertensão Não ( ) Sim ( ) Qual:.....

Cardiopatias Não ( ) Sim ( ) Qual:.....

Pulmonares Não ( ) Sim ( ) Qual:.....

Ortopédicas Não ( ) Sim ( ) Qual:.....

Musculares Não ( ) Sim ( ) Qual:.....

**14-** Existe histórico de doenças na família, considerando avós, pais e irmãos?

Diabetes	Não ( )	Sim ( )	Quem?.....
Hipertensão	Não ( )	Sim ( )	Quem?.....
Cardiopatias	Não ( )	Sim ( )	Quem?.....
Pulmonares	Não ( )	Sim ( )	Quem?.....
Ortopédicas	Não ( )	Sim ( )	Quem?.....
Musculares	Não ( )	Sim ( )	Quem?.....

**15-** A criança já teve ou costuma ter?

Desmaios	Não ( )	Sim ( )
Convulsões	Não ( )	Sim ( )
Enjoos	Não ( )	Sim ( )
Dor de cabeça	Não ( )	Sim ( )

**16-** Os pais das crianças são obesos ou estão acima do peso?

( ) Não ( ) Sim. Quem? ( ) Pai ( ) Mãe

**17-** A criança tem alguma recomendação ou restrição médica para prática de exercícios físicos?

( ) Não ( ) Sim Qual:.....

## V - ALIMENTAÇÃO

**18-** A criança faz quantas refeições por dia? .....

**19-** Quantas vezes por semana a criança consome esses alimentos?

Frutas:

( ) Nenhuma ( ) entre 1 e 2 ( ) Acima de 3

Vegetais:

( ) Nenhuma ( ) entre 1 e 2 ( ) Acima de 3

Biscoitos/Massas:

( ) Nenhuma ( ) entre 1 e 2 ( ) Acima de 3

Frituras:

( ) Nenhuma ( ) entre 1 e 2 ( ) Acima de 3

Proteínas (carne / queijo / ovos)

( ) Nenhuma ( ) entre 1 e 2 ( ) Acima de 3

**20-** Qual o período que a criança mais sente fome?

( ) Manhã ( ) Tarde ( ) Noite ( ) Madrugada ( ) Variado

**21-** O maior apetite da criança no dia-a-dia é para comer?

( ) Doce ( ) Salgado

**22-** Quantos copos (200 ml) de água a criança bebe por dia?.....

**23-** Qual o consumo de refrigerante pela criança por semana?

( ) Nenhum ( ) Diariamente ( ) Entre 1 e 3 ( ) Acima de 4

É declaro para os devidos fins que as respostas prestadas aqui são verdadeiras e que poderão ser utilizadas no relatório dessa pesquisa.

\_\_\_\_\_ (participante)

## Anexo 1 – Artigo 1

### Journal of Obesity

# Effects of Walking-Induced Fatigue on Postural Balance of Obese and Healthy Weight Children

Flavius A. P. Cunha,<sup>1,2</sup> and Ana C. de David<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Human Motion Analysis, Faculty of Physical Education, University of Brasília, Brasília, Federal District, Post code 70910-900, Brazil.

<sup>2</sup>Faculty of Physical Education, Institute of Educational Sciences, Federal University of Pará, Belém, Pará, Post code 66075-110, Brazil.

Correspondence should be addressed to Flavius A. P. Cunha; [flavius@ufpa.br](mailto:flavius@ufpa.br)

## Abstract

Obesity is associated with limitations in children's postural balance, eventually affecting their walking negatively. *Objective.* Our aim was to verify changes in postural balance after walking-induced fatigue by the 6-minute walk test (6MWT) in obese and healthy weight children. *Methodology.* In this cross-sectional study participated 62 children (37 girls) aged 7-10 years, divided into 2 groups: healthy weight group (n = 42) and obese group (n = 20). The force platform (AMTI) was employed to measure the postural balance through the center of pressure (CoP) for antero-posterior and medio-lateral displacements, area 95 and velocity, before and after walk test. Three trials (30 seconds per trial) were registered under two conditions: stable surface with eyes open and unstable surface with eyes closed. *Results.* Under the stable surface condition obese children present an increase in the CoP velocity after the 6MWT ( $p < .05$ ), just as it was observed in the condition with unstable surface and eyes closed. The healthy weight group showed significant difference for CoP velocity comparing before and after the 6MWT ( $p < .05$ ), but only in the condition with a stable surface and eyes open. *Conclusion.* Our study demonstrates that walking-induced fatigue causes an increase in CoP velocity in obese children. As a consequence, the body stability can be affected.

## Introduction

Obesity influences the population in different ways. The effects of obesity are associated with functional limitations in muscle activity and an increased likelihood of developing a functional disability such as mobility, strength and postural balance [1]. In fact, musculoskeletal problems as well as the lack of physical activity have been associated with ordinary obesity among children, adolescents and adults [2]. Apropos, musculoskeletal structures are relevant for maintaining balance and body orientation during upright postures. They are also essential structures for carrying out daily activities and most physical activities [3].

The displacement analysis of the center of pressure (CoP) has been used to assess postural balance. The static balance of adolescents in different postures indicated a significant difference in CoP velocity, with the obese group having higher values when compared to the normal weight group [4]. A recent study showed that adiposity impairs girls' postural control, but only during more difficult postural control conditions [5]. Furthermore, the reduced

balanced derived from obesity has a considerable effect on a variety of real-life situations and other occupational tasks [6].

Postural balance is also necessary for walking, a common activity in everyday life. Walking tests, such as 6-minute walk test (6MWT), is a mechanism to induce some intensities similar to those requested day-to-day activities [7,8], and to induce fatigue that often occurs after the 6MWT [9]. In addition, 6MWT has been a very useful tool for assessing exercise tolerance and resistance, particularly for individuals with little physical conditioning [10]. By performing the test, the participant walks as fast as possible, neither running nor trotting, for six minutes on a 20-meter course [8]. The 6MWT is validated for children and reference data are used for several populations [11–15]. Moreover, changes in postural sway and plantar flexion forces analyzed in normal weight and overweight adults before and after the 6MWT showed that plantar flexion forces in the ankle significantly reduced. In fact that even a moderate activity, such as those carried out by 6MWT, has been subject to impact some variables directly associated with foot function [9].

Childhood obesity can have relevant consequences for postural balance. Research with children and adolescents showed that postural balance is influenced by excess body mass [16], stressing that a decrease in balance stability is strongly correlated with an increase in the body weight [17]. However, there is no information about changes in postural balance as for obese children, especially regarding their CoP behavior, immediately after a walking activity with submaximal intensity. The relevance of this study can be satisfactory in terms of observing body balance during daily activities, as well as in sports and recreational activities, as changes in CoP variables can affect the performance of certain tasks, especially those related to motor skills and postural balance.

Therefore, the aim of this study was to verify changes in postural balance after the 6-minute walk test in obese and healthy weight children, by evaluating the behavior concerning the CoP for antero-posterior and medio-lateral displacements, area 95 and velocity. In this case, we draw the hypothesis according to which walking-induced fatigue due the performance through 6MWT will affect CoP parameters in obese children.

## 2. Materials and Methods

*2.1. Participants and ethical aspects.* Participants were selected conveniently from 100 children at two local secondary schools. This cross-sectional study included 62 children (37 girls) aged between 7 and 10 years. They were recruited conveniently from two local secondary schools. Participants were classified as obese group ( $n = 20$ ) and healthy weight group ( $n = 42$ ). This current study followed specific standards that are adopted in research with human beings in agreement with the Declaration of Helsinki. Verbal consent was obtained from all participants as well as written informed consent from parents or their corresponding guardians.

The experimental protocol was evaluated and approved by the Ethics Committee of the Faculty of Health from local University (protocol 2.599.767 / 2018). Inclusion criteria were age (7-10 years) and body mass index (BMI). With respect the obese group, boys and girls, respectively, their BMI were the following: 7 years ( $\geq 20.63 / \geq 20.51 \text{ kg / m}^2$ ); 8 years ( $\geq 21.60 / \geq 21.57 \text{ kg / m}^2$ ); 9 years ( $\geq 22.77 / \geq 22.81 \text{ kg / m}^2$ ); 10 years ( $\geq 24.00 / \geq 24.11 \text{ kg / m}^2$ ); as for healthy weight group, boys and girls: 7 years ( $\leq 17.92 / \leq 17.75 \text{ kg / m}^2$ ); 8 years ( $\leq 18.44 / \leq 18.35 \text{ kg / m}^2$ ); 9 years ( $\leq 19.10 / \leq 19.07 \text{ kg / m}^2$ ); 10 years ( $\leq 19.84 / \leq 19.86 \text{ kg / m}^2$ ). The remaining 38 children were excluded due to: BMI greater or less than the specified range (20), health problems reported by family members as current or past orthopaedic or neurological condition affecting balance; use of medication affecting the central nervous system or known to affect balance/coordination; symptom suggestive of vestibular

disorders (10) and were not authorized by parents and guardians (8). The main BMI criteria for selecting the samples were essentially the same as those used by [18]. In the light of the individual's personal information provided by their guardians, the exclusion criteria included cardiovascular problems, hypertension, hyperlipidemia, diabetes, or other systemic disease.

*2.2. Anthropometric measures.* Anthropometric measurements of height and body weight were obtained using standard techniques [19]. These variables were measured as the participants standing barefoot. Body weight was recorded using a calibrated electronic scale (Tec-Silver, São Paulo, Brazil), and height was measured using a portable stadiometer (Welmy, São Paulo, Brazil). Body weight and height were designed to compute the BMI [body weight (kg) / height<sup>2</sup> (m)].

*2.3. Assessment of postural balance.* As for the assessment of postural balance, the Accusway Plus force platform (AMTI - Advanced Mechanical Technologies Inc., MA, USA) was used to record CoP considering the following variables a) CoP X-axis range (displacement medio-lateral) b) CoP Y-axis range (displacement antero-posterior); c) CoP velocity; and d) Area 95 of the ellipse that represents about 95% of the displacement data in the antero-posterior and medio-lateral direction. The force platform signals were captured at 100 Hertz and data were filtered using a filter with cutoff frequency of 10 Hertz. The AMTI's Balance Clinic Software, version 2.02.01, was used for signal recording and interpretation.

The protocol requires the subject to stay in a standing position on the platform, base open (feet aligned with the shoulders), arms along the body that should remain relaxed, under 2 conditions. 1) stable surface with eyes open; 2) unstable surface (foam) with eyes closed. Three trials were recorded in each condition covering 30 s before and immediately after the 6MWT. The order in which the conditions were performed was randomized for all the participants.

*2.4. 6-minute walk test (6MWT).* A 6MWT consisted of making individuals walk as fast as possible at a steady pace, during 6 minutes, steadily, without running or jogging on a 20 m walkway (8). After each minute, children were informed of time and distance recorded. The school provided a room and a corridor with appropriate size for the walk test. Tests were applied during class hours.

*2.5. Subjective perception of effort and heart rate.* The Borg scale [20] used the subjective perception of effort (PSE) to predict the intensity of the effort during the walk test, questioned every minute. As for initial heart rate the measure was performed 30 seconds before the 6MWT started, and final heart rate was recorded immediately after the test using a cardiac monitor (Polar, MS 400, Finland).

*2.6. Statistical Methods.* With respect the database, the SPSS for Windows version 27 program was used. The Shapiro-Wilk test helped us to assess the normality of the variables, providing descriptive analysis, adopting the mean and standard deviation for the detailed description of the participants. The homogeneity of the data was verified using Levene's equality of variance test. In order to look at possible modifications to the variables resulting from the pretest/posttest conditions, the Analysis of Variance (ANOVA) was carried out using repeated measures in the intra-group situation, and also regarding the differences between the groups. Considering the Pairwise Method, the Bonferroni Post-Hoc test was necessary to understand where the differences were registered. The level of significance adopted was  $p < 0.05$ .

### 3. Results

The records as for the anthropometric assessment and data from the 6MWT were presented through descriptive statistics in Table 1. We recorded that the body weight of the group with obesity is significantly higher compared to the group with healthy weight ( $p < .001$ ). We found as for BMI difference among healthy weight and obese children ( $p < .001$ ). In relation to the age, height, distance covered during the 6MWT, subjective perception of effort, and initial and final heart rate, there were no differences between groups ( $p > .05$ ).

Table 1: Anthropometric characteristics and data for total distance and subjective perception of effort on the 6MWT for each group presented as mean and ( $\pm$ ) standard deviation.

	Healthy Weight Group (n = 42)	Obese Group (n = 20)	<i>p</i> - value
Gender (male/female)	13 / 29	12 / 08	
Age (years)	8.8 $\pm$ 0.9	8.4 $\pm$ 1.12	.119
Height (meters - m)	1.34 $\pm$ 0.09	1.40 $\pm$ 0.09	.215
Body mass (kilogram - kg)	29.8 $\pm$ 5.6	47.8 $\pm$ 12.0	<b>&lt; .001</b>
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	16.2 $\pm$ 1.4	24.7 $\pm$ 3.2	<b>&lt; .001</b>
Initial heart rate (beats per minute)	96.8 $\pm$ 11.8	102.0 $\pm$ 12.2	.117
6MWT distance (m)	407.4 $\pm$ 32.3	394.6 $\pm$ 27.5	.131
Final heart rate (beats per minute)	123.5 $\pm$ 12.6	129.4 $\pm$ 15.3	.117
Subjective perception of effort	8.8 $\pm$ 1,7	8.9 $\pm$ 1.4	.695

6MWT: six-minute walk test; significant *p*-values are bold.

The main results of our study are described in Table 2. Our data show the effect in relation to the 6MWT on the variables of postural balance under the two conditions, especially regarding the displacement and CoP velocity among obese/healthy weight children, considering walking as a submaximal intensity activity. Table 2 shows the results achieved as for condition 1, easier to run, with open eyes on stable surface, in which, all visual, somatosensory and vestibular inputs are interacting for balance. Moreover, Table 2 shows also the results as for condition 2, with feet placed on an unstable surface and with eyes closed.

The results of mixed ANOVA with repeated measures related to condition 1 showed that there were no significant effects time x group interaction as for CoP for X and Y axis amplitude, area 95, and velocity ( $p > .05$ ). Moreover, no significant effects of the group were observed in the four CoP variables analyzed as for condition 1 ( $p > .05$ ).

Considering condition 1, the post hoc analysis indicated that for healthy weight children there was a significant increase comparing the pretest/posttest moments for variables CoP X-axis ( $p = .013$ , ES = 0.41), and CoP velocity ( $p = .034$ , ES = 0.25). On the other hand, the group with obesity registered a significant increase in the posttest moment as for CoP velocity ( $p = .006$ , ES = 0.87). There were no significant time effects in the other variables for both groups ( $p > .05$ ).

As for condition 2, the results of mixed ANOVA with repeated measures show that there was effect time x group interaction for CoP velocity [ $F(1,60) = 11.993$ ;  $p = .001$ ]. This means that under condition 2, the 6MWT effect was different for both groups as for CoP velocity. Even so, there were no significant effects time x group

interaction for CoP in other variables ( $p > .05$ ). Moreover, significant effect of the group was observed for CoP area 95 after 6MWT [ $F(1,60) = 4.172$ ;  $p = .046$ ]. Although, there was no significant effect of the group for other CoP variables for condition 2 ( $p > .05$ ). The post hoc analysis indicated that for obese children there was a significant increase for variables CoP velocity at after 6MWT ( $p = .006$ ,  $ES = 0.87$ ). There were no significant time effects in the other variables, for both groups ( $p > .05$ ).

Table 2: CoP variables for each group before and after 6MWT are presented as mean and ( $\pm$ ) standard deviation.

	Healthy Weight Group (n=42)					Obese Group (n=20)					Mixed ANOVA		
	Pre	Post	<i>p</i> <sup>a</sup>	$\Delta\%$	ES	Pre	Post	<i>p</i> <sup>a</sup>	$\Delta\%$	ES	<i>P</i> -time	<i>p</i> -group	<i>p</i> -interaction
<b>Stable surface and eyes open</b>													
CoP X-axis amplitude (cm)	1.99 $\pm$ 0.81	2.45 $\pm$ 1.35	<b>.013</b>	23.11	0.41	2.18 $\pm$ 0.92	2.36 $\pm$ 0.81	.437	8.25	0.21	<b>.045</b>	.791	.392
CoP Y-axis amplitude (cm)	2.43 $\pm$ 0.89	2.74 $\pm$ 1.28	.068	12.75	0.28	2.71 $\pm$ 0.98	2.63 $\pm$ 0.81	.722	2.95	0.09	.450	.734	.183
CoP area 95% (cm <sup>2</sup> )	3.07 $\pm$ 2.09	3.65 $\pm$ 2.40	.123	18.89	0.26	3.98 $\pm$ 2.47	4.03 $\pm$ 2.52	.916	1.25	0.02	.333	.238	.426
CoP velocity (cm/s)	1.43 $\pm$ 0.37	1.56 $\pm$ 0.64	<b>.034</b>	0.99	0.25	1.38 $\pm$ 0.24	1.63 $\pm$ 0.33	<b>.006</b>	18.11	0.87	<b>.001</b>	.918	.262
<b>Unstable surface and eyes closed</b>													
CoP X-axis amplitude (cm)	4.31 $\pm$ 1.48	4.04 $\pm$ 1.53	.242	6.26	0.18	4.66 $\pm$ 1.22	4.32 $\pm$ 1.59	.325	7.29	0.24	.142	.363	.885
CoP Y-axis amplitude (cm)	4.95 $\pm$ 1.26	5.07 $\pm$ 1.61	.541	2.42	0.08	5.07 $\pm$ 1.61	5.14 $\pm$ 1.77	.665	1.38	0.04	.993	.590	.482
CoP area 95% (cm <sup>2</sup> )	12.79 $\pm$ 5.48	12.29 $\pm$ 5.96	.674	3.90	0.09	15.02 $\pm$ 5.40	16.95 $\pm$ 12.07*	.260	12.84	0.21	.490	<b>.038</b>	.244
CoP velocity(cm/s)	3.06 $\pm$ 0.85	2.92 $\pm$ 0.94	.110	4.57	0.16	2.83 $\pm$ 0.57	3.22 $\pm$ 0.74	<b>.003</b>	13.78	0.59	.111	.876	<b>.001</b>

ES: Effect sizes, <sup>a</sup> *p*-values for within group comparison; Superscript symbol indicate between-group significant differences at \* post 6MWT; *p*-values significant are bold.

#### 4. Discussion

This study aimed to evaluate the effect of walking-induced fatigue on the postural balance of obese and healthy weight children after the 6MWT. Whereas that information about the behavior of the CoP immediately after an activity of submaximal intensity is still incipient. The assessment of postural balance, especially for CoP velocity, showed the main results for our study. A similar study carried out with adults assessed the CoP displacements during quiet stance, comparing individuals with healthy weight and obesity under two conditions, open eyes (OE) and closed eyes (CE), registered that the increased mass and muscle activity may probably account for the higher CoP displacements [21]. Also evaluated in adults in maintaining static postural balance [22]. The effect of obesity on balance control mechanisms in the elderly has also been recorded, indicating an altered postural control process in obese individuals, with emphasis on medio-lateral displacement [23]. Furthermore, mixed factors affect plantar pressures and CoP in obese children [24].

Overweight children demonstrated greater variability in the CoP velocity of postural sway [16], observed also among obese adults [25]. An altered contribution of sensory endings and mechanical receptors has been proposed as a possible cause of differences in CoP shifts between obese/healthy weight individuals [17]. The effect of obesity in adults showed potential relationships with postural control, comparing the CoP range, area, length and velocity in two postural tasks, with and without vision, before and after a fatigue test, revealing that the threshold of partially decreased fatigue explains changes in postural control [26]. The ability to maintain static balance, considering CoP displacement in the antero-posterior and medio-lateral directions, in addition to both OE and CE condition, was evaluated between the age groups, showed higher values as for the displacement and velocity measures of CoP in CE versus OE condition, in addition to elderly versus young people, having higher CoP velocities in the older age groups [27].

Regarding the evaluation of 6MWT performance, our data showed lower values compared to children in the same age range [11]. However, strong evidence shows that obese children and adolescents reduced muscle fitness compared to normal weight children of the same age [28], but this difference by muscle fitness was not observed as for the distance covered in our study. Normally, the 6MWT is used as a submaximal effort equivalent to that required to perform daily activities [8,29]. The practice of walking as physical activity among students has been used as an additional strategy to treat obese children [30].

There are some limitations in our study. Physical activity levels were not measured, as well as the time for obesity status each child presented. Furthermore, the walk test seems to have a very subjective intensity despite the request for the child to walk as fast as possible. These factors may affect the interpretation and generalization of the results of our study. However, these results represent relevant information about postural balance in obese children, especially immediately after an activity of submaximal intensity.

#### 5. Conclusions

Our study demonstrates that walking-induced fatigue causes an increase in the CoP velocity in obese children. As a consequence of this, the performance of their body stability may be affected. Understanding that the 6MWT is a similar test in terms of duration and intensity, compared with other daily life activities or sport activities, it would be important to consider this information when it comes to planning physical activities or treatments for obese children.

## Conflicts of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.

## Funding Statement

Authors declare that this research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

## Acknowledgments

The authors of the study are grateful for the collaboration of the schools of the Public network participating, in particular, principals, teachers, students and their guardians who were involved in carrying out this study. In addition, special thanks to employees who were part of this project.

## References

- [1] D. J. Tomlinson, R. M. Erskine, C. I. Morse, and K. Winwood, G. Onambélé-Pearson, "The impact of obesity on skeletal muscle strength and structure through adolescence to old age," *Biogerontology*, vol. 17, no. 3, pp. 467–483, 2016.
- [2] S. P. Shultz, N. H. Byrne, and A. P. Hills, "Musculoskeletal function and obesity: implications for physical activity," *Current Obesity Reports*, vol. 3, no. 3, pp. 355–360, 2014.
- [3] M. Duarte and S. M. S. F. Freitas, "Revision of posturography based on force plate for balance evaluation," *Revista Brasileira de Fisioterapia*, vol. 14, no. 3, pp. 183–192, 2010.
- [4] C. E. Caetano, W. B. Resende, and N. C. Cheik, "Efeitos da obesidade no equilíbrio postural de adolescentes," *Revista Acta Brasileira do Movimento Humano*, vol. 4, no. 2, pp. 17–28, 2014.
- [5] M. D. Tsiros, J. Brinsley, S. Mackintosh, and D. Thewlis, "Relationships between adiposity and postural control in girls during balance tasks of varying difficulty," *Obesity Research and Clinical Practice*, vol. 13, no. 4, pp. 358–364, 2019.
- [6] V. Cimolin, N. Cau, and M. Galli, "Balance control in obese subjects during quiet stance: a state-of-the-art," *Applied Sciences*, vol. 10, pp. 1–10, 2020.
- [7] S. Escudero-Urbe, A. Hochsprung, and G. Izquierdo-Ayuso, "Gait pattern changes after six-minute walk test in persons with multiple sclerosis," *Physiotherapy Research International*, pp. 1–10, 2018.
- [8] American Thoracic Society, "ATS statement: guidelines for the six-minute walk test," *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, no. 166, pp.111–117, 2002.
- [9] B. Vie, P. Griffon, A. Bijoux, J. Cadiere, J. Paul, and Y. Jammes, "Effect of the 6-minute walk test on plantar loading and capability to produce ankle plantar flexion forces," *Gait and Posture*, vol. 49, pp. 61–66, 2016.
- [10] G. Reychler, M. Debatisse, P. Lebecque et al., "Variability of gait speed during six minutes walking test in COPD and cystic fibrosis patients," *Gait and Posture*, vol. 49, pp. 36–40, 2016.
- [11] L. A. P. Cacao, V. O. Carvalho, A. S. Pin et al., "Reference values for the 6-min walk distance in healthy children age 7 to 12 years in Brazil: main results of the TC6min Brasil multi-center study," *Respiratory Care*, vol. 6, no. 3, pp. 339–346, 2018.
- [12] M. Vandoni, L. Correale L, M. V. Puci et al., "Six minute walk distance and reference values in healthy Italian children: a cross-sectional study," *PLoS One*, vol. 13, no. 10, pp. 1–9, 2018.
- [13] R. T. Okuro, M. A. G. O. Ribeiro, J. D. Ribeiro, R. C. Minsky, and C. I. S. Schivinski, "Alternative indexes to estimate the functional capacity from the 6-minute walk test in children and adolescents with cystic fibrosis," *Respiratory Care*. vol. 62, no. 3, pp. 324–332, 2017.

- [14] S. Ulrich, F. F. Hildenbrand, U. Treder et al., "Reference values for the 6- minute walk test in healthy children and adolescents in Switzerland," *Biomed Central Pulmonary Medicine*, vol. 13, no. 49, pp. 1–11, 2013.
- [15] A. M. Li, "The six-minute walk test in healthy children: reliability and validity," *European Respiratory Journal*, vol. 25, no. , pp. 1057–1060, 2005.
- [16] E. D'Hondt, B. Deforche, I. De Bourdeaudhuij et al., "Postural balance under normal and altered sensory conditions in normal-weight and overweight children," *Clinical Biomechanics*, vol. 26, no. pp. 84–89, 2011.
- [17] O. Hue, M. Simoneau, J. Dore et al., "Body weight is a strong predictor of postural stability," *Gait and Posture*. vol. 27, no. 32, pp. 32–38, 2007.
- [18] T. J. Cole, M. C. Bellizzi, M. Flegal, and W. H. Dietz, "Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey," *British Medical Journal*, vol. 6, no. 320, pp. 1–6, 2000.
- [19] T. G. Lohman, A. F. Roche, and R. Martorell, "Skinfold thickness and measurement technique," In: *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign: Human Kinetics, 1988.
- [20] G. A. V. Borg, "Psychophysical bases os perceived exertion," *Medicine and Science and Sport and Exercise*, vol. 14, no. 5, pp. 377–381, 1982.
- [21] F. Menegoni, E. Tacchini, M. Bigoni et al., "Mechanisms underlying center of pressure displacements in obese subjects during quiet stance," *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, vol. 8, no. 20, pp. 6–11, 2011.
- [22] T. L. V. Di P. Ostolin, B. de B. Gonze, M. O. de Jesus et al., "Effects of obesity on postural balance and occurrence of falls in asymptomatic adults," *Fisioterapia em Movimento*. vol. 33, pp. 1–13, 2020S.
- Yan, R. Li, B. Shi, R. Wang, and L. Yang, "Mixed factors affecting plantar pressures and center of pressure in obese children: obesity and flatfoot," *Gait and Posture*, vol. 80, no. 24, pp. 7–13, 2020.
- [23] I. Melzer and L. I. E. Oddsson, "Altered characteristics of balance control in obese older adults", *Obesity Research and Clinical Practice*, pp. 1–8, 2015.
- [24] Yan, R. Li, B. Shi, R. Wang, and L. Yang, "Mixed factors affecting plantar pressures and center of pressure in obese children: obesity and flatfoot," *Gait and Posture*, vol. 80, no. 24, pp. 7–13, 2020.
- [25] P. A. Butterworth, K. B. Landorf, W. Gilleard, D. M. Urquhart, and H. B. Menz, "The association between body composition and foot structure and function: a systematic review," *Obesity Reviews*, no. 15, pp. 348–357, 2014.
- [26] W. Maktouf, C. Guilherme, S. Boyas, B. Beaune, and S. Durand, "Relationships between lower limbs fatigability threshold and postural control in obese adults," *Journal of Biomechanics*, vol. 105, pp. 1–6, 2020.
- [27] D. Roman-liu, "Age-related changes in the range and velocity of postural sway," *Archives of Gerontology and Geriatrics*, vol. 77, pp. 68–80, 2018.
- [28] D. Thivel, S. Ring-Dimitriou, D. Weghuber, M-L Frelut, and G. O'Malley, "Muscle strength and fitness in pediatric obesity: a systematic review from the european childhood obesity group," *Obesity Facts*, vol. 9, no. 1, pp. 52–63, 2016.
- [29] Morinder G. "Six-minute walk test in obese children and adolescents: reproducibility and validity," *Physiotherapy Research International*, vol. 14, pp. 91–104, 2009.
- [30] M. Yoshinaga, A. Miyazaki, M. Aoki et al., "Promoting physical activity through walking to treat childhood obesity, mainly for mild to moderate," *Pediatrics International*, pp. 1–24, 2020.

## Acute effects of a walking activity on plantar pressure in children with obesity

### *Efeitos agudos de uma atividade de caminhada na pressão plantar de crianças com obesidade*

Flavius Augusto Pinto Cunha<sup>1,2</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-4304-5843>

Rodrigo Jerônimo Santos<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-0175-2699>

Paula Ribeiro Mesquita<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-4886-7426>

Ana Cristina de David<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-3825-1003>

**Abstract** – Children with obesity present greater foot loads during walking when compared to eutrophic ones. However, the acute effects of a moderate walking on the distribution of plantar pressure in children with obesity are still incipient in the literature. Our aim was to verify the acute effects of six-minute walk test on plantar pressure in obese and eutrophic children. A pressure platform was used to record plantar pressure during walking for 62 children (37 girls), aged 7-10 years old, before and after the six-minute walk test. Children were divided into an obese group - OB (n = 20), and an eutrophic group - EU (n = 42). Peak plantar pressure (PPP), maximum force (MF), and contact area (CA) were assessed in three trials during walking at a comfortable speed. The analyses were performed in five plantar regions: rearfoot, midfoot, forefoot, hallux, and toes. For the PPP was higher under the midfoot region of the OB group after walking. In the comparison between groups, PPP, MF, and CA were higher for the OB group for most regions. We concluded that, after a moderate walking activity, children with obesity experience an increase in plantar loads, especially under the midfoot, which can bring greater discomfort and risk of injuries.

**Key words:** Body mass; Child; Foot load; Walk test.

**Resumo** – Crianças com obesidade apresentam maiores cargas plantares durante o caminhar quando comparadas às eutróficas. No entanto, ainda não se conhece os efeitos agudos de uma atividade moderada de caminhar sobre a distribuição da pressão plantar em crianças com excesso de massa corporal. Nosso objetivo foi verificar o efeito agudo do teste de caminhada 6 minutos na pressão plantar de crianças obesas e eutróficas. Uma plataforma de pressão foi utilizada para registro da pressão plantar durante o andar de 62 crianças (37 meninas), com idade entre 7 e 10 anos, antes e após o teste de caminhada de seis minutos. As crianças foram divididas em um grupo com obesidade - OB (n = 20) e um grupo eutrófico - EU (n = 42). Pico de pressão plantar (PPP), força máxima (FM), área de contato (AC) foram avaliados em três tentativas durante o andar em velocidade confortável. A análise foi realizada em cinco regiões plantares: retro pé, médio pé, ante pé, hálux e dedos. O PPP foi maior sob a região do médio pé no grupo OB após a caminhada. Na comparação entre os grupos, PPP, FM e AC foram maiores para o grupo OB para a maioria das regiões. Concluímos que, após uma atividade de caminhada moderada, crianças com obesidade sofrem um aumento das cargas plantares, especialmente no médio pé, o que pode trazer maior desconforto e risco de lesões.

**Palavras-chave:** Criança; Carga plantar; Massa corporal; Teste de caminhada.

1 University of Brasilia. Faculty of Physical Education. Laboratory of Human Motion Analysis. Brasilia, DF, Brazil.

2 Federal University of Para. Institute of Education Sciences. Faculty of Physical Education. Belém, PA, Brazil.

**Received:** December 07, 2020

**Accepted:** March 26, 2021

#### How to cite this article

Cunha FAP, Santos RJ, Mesquita PR, David AC. Acute effects of a walking activity on plantar pressure in children with obesity. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum 2021, 23:e78684. DOI: <http://doi.org/10.1590/1980-0037.2021.v23e78684>

#### Corresponding author

Flavius Augusto Pinto Cunha  
Faculty of Physical Education, University of Brasilia – UnB  
Via L4 norte, Asa Norte, 70910-900,  
Campus Universitário Darcy Ribeiro,  
Brasília (DF), Brasil.  
E-mail: flavius@uipa.br

**Copyright:** This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



## INTRODUCTION

Obesity in childhood and adolescence is a worldwide public health problem<sup>1</sup>. In addition to metabolic problems such as diabetes<sup>2</sup>, cardiovascular disease and increased blood pressure<sup>3</sup>, obesity may be associated with orthopedic problems in children and adolescents due to overload on musculoskeletal structures<sup>4,5</sup>. Previous studies have shown plantar pressure, foot structures, and foot mechanics are different between obese and non-obese children<sup>6</sup>, and adolescents<sup>7</sup>, with the obese ones presenting greater foot loads during walking and running<sup>8-10</sup>.

Heavier children present higher plantar pressure peaks and larger foot contact area, especially under the midfoot region, when walking at different speeds, as well as during jogging and running<sup>8,10</sup>. Song-Hua et al.<sup>9</sup>, also found that peak pressure is higher during jogging than during walking and running under most plantar regions of obese children's feet. These factors can increase the risk of injury and cause pain and discomfort in childhood<sup>10</sup>, during daily activities, physical activity and sports<sup>11</sup>.

Walking activities are common in daily life and a type of exercise often recommended for people with overweight and obesity<sup>12</sup>. A study carried out with normal weight and overweight adults analyzed plantar loads and plantar flexion strength of the ankle after the six-minute walk test (6MWT) and showed that even moderate intensity activities can alter some variables associated with foot function<sup>13</sup>. The 6MWT involves participants walking as far and as fast as possible for six minutes in an indoor environment and it is commonly used to measure endurance walking and represent a test of submaximal physical capacity<sup>14</sup>. The 6MWT shows good reproducibility and validity, and has been validated for children<sup>15</sup>. It also can be recommended for use in clinical practice with children and adolescents with obesity<sup>16</sup>.

To our knowledge, studies investigating the acute effect of physical activities with submaximal intensity on plantar pressure distribution in children with obesity are still incipient in the literature. Higher foot loads in children with obesity may imply greater discomfort and pain in certain regions of the foot and may even contribute to abandonment of possible regular physical activity practices. Therefore, the purpose of our study was to verify the acute effects of a six-minute walk test on plantar pressure in obese and eutrophic children before and after a walking activity. Our hypothesis was that children with obesity would present higher values for plantar pressure related outcomes after the walking activity.

## METHODS

### Study characterization and participants

A total of 100 children from two public elementary schools were eligible to participate in this study. The recruitment occurred from August to November 2019. Age (7-10 years) and body mass index (BMI) were used as inclusion criteria. The BMI ranges for obese boys and girls, were: 7 years ( $\geq 20.63 / \geq 20.51 \text{ kg / m}^2$ ); 8 years ( $\geq 21.60 / \geq 21.57 \text{ kg / m}^2$ ); 9 years ( $\geq 22.77 / \geq 22.81 \text{ kg / m}^2$ ); 10 years ( $\geq 24.00 / \geq 24.11 \text{ kg / m}^2$ ), and for eutrophic boys and girls, were: 7 years ( $\leq 17.92 / \leq 17.75 \text{ kg / m}^2$ ); 8 years ( $\leq 18.44 / \leq 18.35 \text{ kg / m}^2$ ); 9 years

( $\leq 19.10 / \leq 19.07 \text{ kg} / \text{m}^2$ ); 10 years ( $\leq 19.84 / \leq 19.86 \text{ kg} / \text{m}^2$ ), according<sup>17</sup>. Based on information provided by parents and guardians, subjects with hypertension, hyperlipidemia, diabetes, cardiovascular problems, or that, for some reason, were unable to carry out the proposed tests were excluded. Thus, 62 children (37 girls) were analyzed in this cross-sectional study. The remaining 38 children were excluded due to: BMI greater or less than the specified range (20), health problems reported by family members (10) or were not authorized by parents and guardians (8).

Participants were divided in two groups: obesity group - OB (n = 20) and eutrophic group - EU (n = 42). Our study was in accordance with the guidelines contained in the declaration of Helsinki. This study was approved by the Ethics Committee of the of the Faculty of Health, local University (protocol 2.599.767/2018). Verbal assent from participants and written informed consent from their parents were obtained.

### Measures and procedures

The anthropometric evaluation was obtained with standardized techniques<sup>18</sup>. Body mass was measured with participants barefoot and recorded with a calibrated electronic flat scale (Tec-Silver, São Paulo, Brazil). Height was recorded using a portable stadiometer (Welmy, São Paulo, Brazil). BMI was calculated as weight (kg) divided by squared height ( $\text{m}^2$ ).

The plantar pressure was measured using an EMED AT-4 platform (Novel GmbH, Munich, Germany; 50 Hz; 4 sensors/ $\text{cm}^2$ ; 415 x 255 mm) with the child walking on a walkway before and after a 6MWT performance. The platform was positioned on a 3.7 m dense foam walkway designed to provide a flat surface evaluation.

Peak plantar pressure - PPP, maximum force - MF normalized by body mass, and contact area - CA for plantar regions were assessed using EMED/R Database Light 23.3.43 software. The MF was normalized by body mass. For analyses the foot was divided into 5 anatomical regions: rearfoot, midfoot, forefoot, hallux and lesser toes<sup>19</sup>. Moreover, the foot length was collected during walking, and the dynamic arch index (AI) was calculated from the ratio of the walking contact area of midfoot to the total contact area excluding toes, with a higher ratio indicating a flatter foot ( $< 0.21$  high arch, 0.21–0.28 normal arch, and  $> 0.28$  low arch)<sup>20</sup>. Plantar pressure outcomes of left and right feet were averaged since no significant differences were found between data obtained from the right and left limbs<sup>21</sup>.

The gait speed was self-selected for three trials, collected before and after 6MWT. The choice of the self-selected speed was to ensure the child's most natural locomotion activity, in addition to being able to compare with studies carried out with these speeds<sup>22,23</sup>. The gait speed was calculated based on the time, recorded with a stopwatch (seconds), needed to walk the 4 meters distance demarcated with cones, performed during the measurement of plantar distribution.

For the realization the 6MWT, the participants, wearing sport shoes, were instructed to walk "comfortably, as fast as you can, for 6 minutes, steadily, without running or jogging" on a 20 m walkway<sup>24</sup>. They were informed of the time that after every minute, moment which the distance was also recorded. The 6MWT and all other measurements were performed at schools during class time. In an individual way, the children were sent to an appropriate space for carrying out the tests.

Initial heart rate was recorded 30 seconds before the 6MWT and final heart rate was recorded immediately after the end using beats per minute (Polar, MS 400, Finland). The subjective perception of effort (SPE) defined by Borg scale<sup>25</sup>, was asked at every minute in the 6MWT.

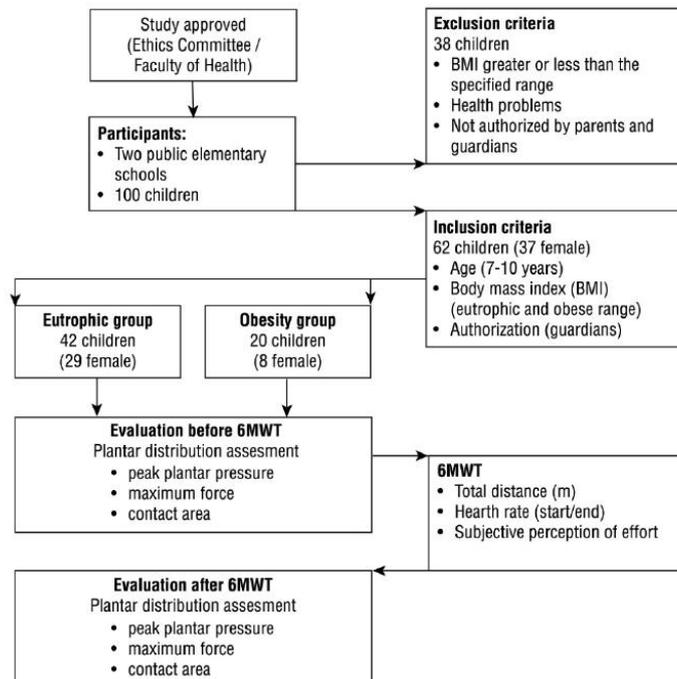
### Statistical analysis

Statistical analyses were performed using the SPSS software version 27.0 for Windows (IBM Corporation, Armonk, New York, USA). Initially, the normality of the outcome measures was checked using the Shapiro-Wilk test and the values were presented as mean and standard deviation. The assumption of homogeneity was verified by Levene's test of equality of variances.

A mixed analysis of variance (ANOVA) with repeated measures was used to verify intragroup and between groups differences for the two assessment periods: before and after the 6MWT. Between groups differences were detected by the pairwise method and the Bonferroni Post-Hoc correction. The level of significance was set at  $p < .05$ . Cohen's  $d$  specifications were utilized to calculate the effect sizes (ES), considering the classification values  $<0.2$  (ordinary, worthless);  $0.2-0.5$  (small);  $0.5-0.8$  (moderate);  $>0.8$  (large).

### Experimental designer

Below in Figure 1 are the procedures and phases that were performed in this study.



**Figure 1.** Methodological scheme of the procedures performed in the study; \*: Variables analyzed by the EMED platform.

**RESULTS**

Descriptive statistics were used to anthropometric characteristics and data from 6MWT performance (Table 1). As expected, the body mass was different between groups showing that the OB group had significantly higher weight compared to the EU group ( $p < .001$ ). Similar results were observed for BMI ( $p < 0.001$ ) and AI ( $p < 0.001$ ) comparing the OB and EU groups. There were no differences between groups for age, height, the distance covered during the 6MWT, average speed 6MWT, heart rate, average to subjective perception of effort and subjective perception of effort after 6<sup>th</sup> minute ( $p > .05$ ).

**Table 1.** Anthropometric characteristics and data for total 6MWT distance, heart rate, and subjective perception of effort presented as mean (±SD).

	Eutrophic Group		p-value	ES
	Obesity Group			
	(n = 42)	(n = 20)		
Gender (male/female)	13/29	12/08		
Age (years)	8.8 ± 0.9	8.4 ± 1.1	.119	0.40
Body mass (kg)	29.8 ± 5.6	47.8 ± 12.0	<b>&lt; .001</b>	1.92
Height (m)	1.34 ± 0.09	1.40 ± 0.09	.215	0.67
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	16.2 ± 1.4	24.7 ± 3.2	<b>&lt; .001</b>	3.47
Dynamic arch index - AI	0.22 ± 0.02	0.27 ± 0.03	<b>&lt; .001</b>	1.96
6MWT distance (m)	407.4 ± 32.3	394.6 ± 27.5	.131	0.43
Average speed 6MWT (m/s)	1.12 ± 0.08	1.10 ± 0.13	.078	0.19
Average SPE	8.8 ± 1.7	8.9 ± 1.4	.695	0.06
SPE after 6th minute	10.3 ± 2.1	10.5 ± 2.5	.281	0.09

6MWT: six-minute walk test; SPE: Subjective perception of effort; ES: effect size; n: number of participants; Significant p-values are bold.

The Table 2 presents the main results of our study. It shows the effect of the 6MWT performance on plantar distribution variables in OB and EU groups. Results from the mixed ANOVA with repeated measures showed no effect of time x group interaction for PPP in any of the 5 plantar regions ( $p > .05$ ). However, a significant effect of the group was observed under the midfoot [ $F(1,60) = 56.582, p < .001$ ], both in the moments before [ $F(1,60) = 50.885, p < .001$ ] and after the 6MWT [ $F(1,60) = 44.942, p < .001$ ].

A significant effect of the group was also observed under the forefoot [ $F(1,60) = 40.496, p < .001$ ], both in the moments before [ $F(1,60) = 28.668, p < .001$ ] and after the 6MWT [ $F(1,60) = 39.781, p < .001$ ]. The post hoc analysis indicated that for EU group there was a significant increase in the PPP under the rearfoot comparing the pre and post 6MWT moments ( $p = .044, ES = 0.28$ ).

**Table 2.** Peak plantar pressure (PPP), maximum force (MF), and contact area (CA) for rearfoot, midfoot, forefoot, hallux, and lesser toes regions for each group before and after 6MWT are presented as mean (±SD).

	Eutrophic Group				Obesity Group				Mixed Anova				
	(n = 42)		p	Δ%	ES	(n = 20)		p	Δ%	ES	p-time	p-group	p-int.
	Pre	Post				Pre	Post						
PPP (kPa)													
PPP rearfoot	274.9 ± 100.0	306.2 ± 119.8	<b>.044</b>	11.38	0.28	339.9 ± 84.3	332.3 ± 110.9	.731	2.23	0.08	.381	.081	.152
PPP midfoot	84.9 ± 25.7	89.0 ± 34.7	.316	4.82	0.13	139.7 ± 33.1*	152.8 ± 35.7*	<b>.029</b>	9.37	0.38	<b>.019</b>	<b>&lt; .001</b>	.212

BM: body mass; superscript symbols indicate between-group significant differences at \* pre and \* post 6MWT; p-values significant are bold; ES: effect sizes; n: number of participants; Int: interaction.

Table 2. Continued...

	Eutrophic Group				Obesity Group				Mixed Anova				
	(n = 42)		p	Δ%	ES	(n = 20)		p	Δ%	ES	p-	p-	p-
	Pre	Post				Pre	Post						
PPP forefoot	244.0 ± 74.6	247.7 ± 81.3	.722	1.51	0.05	368.1 ± 104.8*	392.4 ± 90.8*	.116	1.10	0.25	.135	< .001	.272
PPP hallux	310.8 ± 139.6	320.7 ± 148.1	.527	3.16	0.07	336.5 ± 232.2	337.3 ± 212.8	.961	0.32	0.00	.689	.637	.749
PPP lesser toes	125.4 ± 45.8	125.5 ± 87.5	.751	0.07	0.00	135.8 ± 66.5	126.8 ± 60.5	.531	8.62	0.20	.738	.209	.487
	MF (normalized by BM)												
MF rearfoot	82.2 ± 11.1	89.0 ± 18.7	<b>.003</b>	8.27	0.44	79.0 ± 8.7	80.2 ± 12.0	.730	1.39	0.10	<b>.045</b>	.268	.144
MF midfoot	20.0 ± 8.8	21.5 ± 10.7	.176	7.50	0.15	31.0 ± 12.0*	33.7 ± 11.6*	.105	8.70	0.23	.037	< .001	.567
MF forefoot	87.9 ± 10.3	92.0 ± 12.0	<b>.004</b>	4.66	0.37	91.1 ± 7.5	98.8 ± 7.1	.420	8.45	1.05	<b>.020</b>	.410	.298
MF hallux	29.2 ± 9.4	30.5 ± 8.9	.414	4.79	0.15	19.6 ± 9.6*	21.4 ± 11.7*	.432	9.18	0.17	.268	< .001	.855
MF lesser toes	11.1 ± 9.7	9.1 ± 4.7	.098	18.01	0.26	7.2 ± 3.8	6.4 ± 6.4	.617	11.11	0.25	.177	<b>.027</b>	.591
	CA (cm <sup>2</sup> )												
CA rearfoot	22.7 ± 3.2	23.3 ± 3.5	<b>.027</b>	2.64	0.18	27.0 ± 4.3*	27.1 ± 4.4*	.930	0.37	0.02	.180	< .001	.231
CA midfoot	16.7 ± 5.3	17.3 ± 6.3	.297	3.59	0.10	25.2 ± 5.3*	26.0 ± 5.0*	.316	3.17	0.16	.158	< .001	.816
CA forefoot	34.8 ± 4.5	35.6 ± 7.5	.358	2.29	0.13	41.9 ± 5.8*	42.4 ± 4.9*	.669	1.19	0.09	.382	< .001	.864
CA hallux	7.8 ± 1.1	7.9 ± 1.1	.525	1.28	0.09	8.3 ± 1.6	8.0 ± 1.8	.199	3.61	0.18	.483	.308	.157
CA lesser toes	6.0 ± 1.4	5.8 ± 1.7	.832	3.33	0.13	6.5 ± 2.2	6.1 ± 2.4	.285	6.15	0.17	.317	.400	.446

BM: body mass; superscript symbols indicate between-group significant differences at \* pre and \* post 6MWT; p-values significant are bold; ES: effect sizes; n: number of participants; Int: interaction.

On the other hand, the OB group registered a significant increase under the midfoot region comparing the pre- and post-walking test moments ( $p = .029$ ,  $ES = 0.38$ ). There were no significant effects of PPP in the other regions of the foot ( $p > .05$ ), for both groups, either before ( $p > .05$ ) or after 6MWT ( $p > .05$ ).

Regarding the MF, results of the mixed ANOVA showed that there was no effect of time x group interaction for the 5 plantar regions ( $p > .05$ ). Nevertheless, under the midfoot a significant effect of group was observed [ $F(1,60) = 18.696$ ,  $p < .001$ ], indicating that MF was significantly different between groups before [ $F(1,60) = 16.531$ ,  $p < .001$ ] and after the walk test [ $F(1,60) = 16.538$ ,  $p < .001$ ]. A significant effect of group was also observed under the hallux [ $F(1,60) = 16.910$ ,  $p < .001$ ], both in the moments before [ $F(1,60) = 2.588$ ,  $p < .001$ ] and after the 6MWT [ $F(1,60) = 2.696$ ,  $p < .001$ ]. Under the lesser toes the same tendency was recorded for the group effect [ $F(1,60) = 5.158$ ,  $p = .027$ ], however, only in the moment after the 6MWT [ $F(1,60) = 5.785$ ,  $p = .019$ ]. The post hoc analysis indicated that for EU group there was a significant increase in MF comparing the pre and post 6MWT moments under the rearfoot ( $p = .003$ ,  $ES = 0.44$ ) and the forefoot ( $p = .004$ ,  $ES = 0.37$ ). There were no significant effects of MF under other regions of the foot ( $p > .05$ ), for both groups, either before ( $p > .05$ ) or after 6MWT ( $p > .05$ ).

For the CA, the results of mixed ANOVA showed that there was no effect of time x group interaction for the 5 plantar regions ( $p > .05$ ). Although, significant effect of the group was observed under the rearfoot [ $F(1,60) = 17.063$ ,  $p < .001$ ], before [ $F(1,60) = 19.731$ ,  $p < .001$ ] and after the 6MWT [ $F(1,60) = 13.028$ ,  $p = .001$ ]. A significant effect of the group was also seen for the CA under the midfoot [ $F(1,60) = 34.530$ ,  $p < .001$ ], before [ $F(1,60) = 34.139$ ,  $p < .001$ ] and after the 6MWT [ $F(1,60) = 29.039$ ,  $p < .001$ ]. For the forefoot was also registered a significant effect of the group [ $F(1,60) = 22.742$ ,  $p < .001$ ], showing both before [ $F(1,60) = 27.445$ ,  $p < .001$ ] and after the walk test [ $F(1,60) = 12.769$ ,  $p = .001$ ].

In addition, the post hoc analysis indicated that for EU group there was a significant increase in the CA under the rearfoot comparing the pre- and post-moments ( $p = .027$ ,

ES = 0.18). There were no significant effects of the CA under the other regions of the foot ( $p > .05$ ), for both groups, either before ( $p > .05$ ) or after 6MWT ( $p > .05$ ).

Finally, for the heart rate before and after 6MWT moments the results of mixed ANOVA showed that there was no time  $\times$  group effect ( $p > .05$ ). Just as it was not observed any effect of the group for the heart rate ( $p > .05$ ) and gait speed ( $p > .05$ ) (Table 3). The post hoc analysis indicated that for EU group there was a significant increase in the heart rate comparing before and after walk test ( $p < .001$ , ES = 2.19), as observed in OB group ( $p < .001$ , ES = 2.19). This significant increase was also observed in gait speed, but only for the EU group ( $p = .032$ , ES = 0.35). However, the average gait speed for OB group did not change significantly after the 6MWT ( $p > .05$ ).

**Table 3.** Heart rate and gait speed pre and post 6MWT for each group presented as mean ( $\pm$ SD).

	Eutrophic Group			$\Delta\%$	ES	Obesity Group			$\Delta\%$	ES	Mixed ANOVA		
	(n = 42)					(n = 20)					p-	p-	p-
	Pre	Post	p			Pre	Post	p					
Heart rate (beats/min)	96.8 $\pm$ 11.8	123.5 $\pm$ 12.6	<b>&lt;.001</b>	27.5	2.19	102.0 $\pm$ 12.2	129.4 $\pm$ 15.3	<b>&lt;.001</b>	26.86	1.98	<b>&lt;.001</b>	.094	.779
Gait speed (m/s)	1.01 $\pm$ 0.12	1.05 $\pm$ 0.11	<b>.032</b>	3.96	0.35	1.01 $\pm$ 0.15	1.00 $\pm$ 0.13	.854	0.99	0.07	.278	.358	.167

p-values significant are bold; ES: Effect sizes; n: number of participants; Int.: interaction.

## DISCUSSION

Our study aimed to compare the acute effect of a walking activity on the plantar pressure in obese and eutrophic children, before and after 6MWT. Our data showed that after the 6MWT, OB group registered higher values for PPP under midfoot region. The higher values of plantar pressure in this region may be associated with greater loads under the medial arch measured in children during barefoot gait with self-selected speed<sup>10</sup>, and higher fatigue rates after exercise as previously reported by other study with children and adults<sup>21</sup>.

In our study, the midfoot region also presented differences between groups before and after the performance of the 6MWT. However, in similar studies that did not carry out any intervention before the evaluation, the data show that higher peak on plantar pressure were also observed in children with obesity during running when compared to normal weight children<sup>8</sup>, showing that these differences seem to be associated with biomechanical adaptations on foot children<sup>10</sup>. Greater loads were also observed in most regions of the feet in overweight children<sup>8</sup>, which agree with the results of previous studies analyzing plantar pressure during fast walking in overweight children<sup>26</sup>.

The distribution of plantar pressure was also assessed in obese children after a three-year follow-up, indicating that with increasing of age, obese children present increase on the lateral forefoot loads in contrast to normal weight children<sup>27</sup>. Recently, a review study addressed the impact of overweight and obesity on plantar pressure in children and adolescents, showing that obese children had increased maximum force, a higher contact area, and decreased sensitivity of the whole foot and midfoot region<sup>28</sup>.

The results of higher maximum force values under the plantar regions in children with obesity in comparison to normal weight ones were similar to those of other studies conducted with children and adults. The MF in our study was influenced by the 6MWT in the eutrophic group under the regions of the

rearfoot and forefoot. Such differences can possibly be explained by the fact that the walking test activity worked as a form of warm-up, thus increasing loads under the plantar regions with more contact with the ground. Furthermore, this warm-up may have resulted in a speed increase during the post 6MWT assessment<sup>8,26</sup>.

Data from contact area of children aged 1 to 12 years showed that, the older the child, the greater the contact area. Moreover, results showed that children with obesity presented larger contact area than the normal-weight ones for rearfoot, midfoot and forefoot regions<sup>10,11</sup>, which was also found in our study. In addition, the significant difference in the AI found between the groups showing higher values for the OB group, which often associates high values with the characteristic of flat feet, corroborates with our findings, and can be related to the larger records contact area for OB group.

Regarding the results for total distance during the 6MWT, all groups in this study walked less when compared to reference values for healthy children of the same age<sup>15</sup>. Same result was observed for SPE. For the variable of heart rate results may be explained by the fact that verbal incentive was not used during the performance of the 6MWT. It has been showed that standard words of encouragement such as: "keep going", "you are doing good" or "everything is going well", given by the same person at set times of the test can result in greater distances during the 6MWT<sup>29</sup>, even though reproducibility for tests with and without encouragement is similar<sup>16</sup>. Although the association between BMI status and physical performance to Brazilian children has shown an increase in the odd of overweight and obese children presenting low physical performance<sup>30</sup>, our data showed no significant difference at all in the performance of the walking test when we compared obese and normal weight children.

As a potential limitation of our study, we highlight that children's physical activity levels were not verified, as well as the time for obesity status. We also did not describe foot size and the body mass within groups. These factors may in turn affect the interpretation and generalization of the results of our study.

## CONCLUSION

In summary, the peak plantar pressure increases under the midfoot region of children with obesity after a moderate walking activity. Moreover, the contact area under all region was larger in children with obesity both before and after the 6MWT compared to normal weight children. Furthermore, the possible increase on foot load after a walking may result in risk for musculoskeletal problems if obesity status persists. As a suggestion for further studies, it would be interesting to verify whether there is an association of the highest peak of plantar pressure in the midfoot region with biomechanical changes in the foot of children with obesity, which may result in pain and discomfort during physical activities.

## COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

### Funding

Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum 2021, 23: e78684

8/11



This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors. This study was funded by the authors

### Ethical approval

Ethical approval was obtained from the local Human Research Ethics Committee – University of Brasilia and the protocol (no. 2.599.767/2018) was written in accordance with the standards set by the Declaration of Helsinki.

### Conflict of interest statement

The authors have no conflict of interests to declare.

### Author Contributions

Conceived and designed the experiments: FAPC, ACD. Performed the experiments: FAPC, RJS, PRM, ACD. Analyzed the data: FAPC, RJS, PRM, ACD. Contributed reagents/materials/analysis tools: FAPC, RJS, PRM, ACD. Wrote the paper: FAPC, RJS, PRM, ACD.

### REFERENCES

1. Castillo JJ, Hazlett ZS, Orlando RA, Garver WS. A global evolutionary and metabolic analysis of human obesity gene risk variants. *Gene* 2017;627:412-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gene.2017.07.002>. PMID:28687331.
2. Pogodina A, Rychkova L, Kravtsova O, Klimkina J, Kosovtzeva A. Cardiometabolic risk factors and health-related quality of life in adolescents with obesity. *Child Obes* 2017;13(6):499-506. <http://dx.doi.org/10.1089/chi.2016.0330>. PMID:28719224.
3. Umer A, Kelley GA, Cottrell LE, Giacobbi P Jr, Innes KE, Lilly CL. Childhood obesity and adult cardiovascular disease risk factors: a systematic review with meta-analysis. *BMC Public Health* 2017;17(1):683. <http://dx.doi.org/10.1186/s12889-017-4691-z>. PMID:28851330.
4. O'Malley G, Ring-dimitriou S, Nowicka P, Vania A, Frelut ML, Farpour-Lambert N, et al. Physical activity and physical fitness in pediatric obesity: what are the first steps for clinicians? Expert conclusion from the 2016 ECOG workshop. *Int J Exerc Sci* 2017;10(4):487-96. PMID:28674594.
5. Shultz SP, Byrne NM, Hills AP. Musculoskeletal function and obesity: implications for physical activity. *Curr Obes Rep* 2014;3(3):355-60. <http://dx.doi.org/10.1007/s13679-014-0107-x>. PMID:26626767.
6. Jankowicz-Szymanska A, Mikolajczyk E, Wodka K. Correlations among foot arching, ankle dorsiflexion range of motion, and obesity level in primary school. *J Am Podiatr Med Assoc* 2017;107(2):130-6. <http://dx.doi.org/10.7547/15-150>. PMID:28394680.
7. Dufek JS, Mercer JA, Gouws P-L, Candela L, Gutierrez AP, Mercer JA, et al. Effects of overweight and obesity on walking characteristics in adolescents. *Hum Mov Sci* 2012;31(4):897-906. <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2011.10.003>. PMID:22154217.
8. Mesquita P, Neri S, Lima RM, Carpes FP, de David AC. Childhood obesity is associated with altered plantar pressure distribution during running. *Gait Posture* 2018;62:202-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.03.025>. PMID:29562217.

9. Song-Hua Y, Lu W, Kuan Z. Effects of different movement modes on plantar pressure distribution patterns in obese and non-obese Chinese children. *Gait Posture* 2017;57:28-34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.05.001>. PMID:28551468.
10. Mueller S, Carlsohn A, Mueller J, Baur H, Mayer F. Influence of obesity on foot loading characteristics in gait for children aged 1 to 12 years. *PLoS One* 2016;11(2):1-12. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0149924>. PMID:26914211.
11. Mickle KJ, Steele JR, Munro BJ. Does excess mass affect plantar pressure in young children? *Int J Pediatr Obes* 2006;1(3):183-8. <http://dx.doi.org/10.1080/17477160600881734>. PMID:17899637.
12. Petridou A, Siopi A, Mougios V. Exercise in the management of obesity. *Metabolism* 2019;92:163-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.metabol.2018.10.009>. PMID:30385379.
13. Vie B, Griffon P, Bijoux A, Cadiere J, Weber JP, Jammes Y. Effect of the 6-minute walk test on plantar loading and capability to produce ankle plantar flexion forces. *Gait Posture* 2016;49:61-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.03.018>. PMID:27371784.
14. Escudero-Uribe S, Hochsprung A, Izquierdo-Ayuso G. Gait pattern changes after six-minute walk test in persons with multiple sclerosis. *Physiother Res Int* 2018;24(1):e1741. PMID:30192036.
15. Cacao LAP, Carvalho VO, dos Santos Pin A, Araujo Daniel CR, Ykeda DS, de Carvalho EM, et al. Reference values for the 6-min walk distance in healthy children age 7 to 12 years in Brazil: main results of the TC6min Brasil multi-center study. *Respir Care* 2018;63(3):339-46. <http://dx.doi.org/10.4187/respcare.05686>. PMID:29162717.
16. Morinder G, Mattsson E, Sollander C, Marcus C, Larsson UE. Six-minute walk test in obese children and adolescents: reproducibility and validity. *Physiother Res Int* 2009;14(2):91-104. <http://dx.doi.org/10.1002/pri.428>. PMID:19003813.
17. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* 2000;320(7244):1240-3. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.320.7244.1240>. PMID:10797032.
18. Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Skinfold thicknesses and measurement technique. In: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign: Human Kinetics; 1988. p. 55-80.
19. Rosenbaum D, Hautmann S, Gold M, Claes L. Effects of walking speed on plantar pressure patterns and hindfoot angular motion. *Gait Posture* 1994;2(3):191-7. [http://dx.doi.org/10.1016/0966-6362\(94\)90007-8](http://dx.doi.org/10.1016/0966-6362(94)90007-8).
20. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: a useful measure from footprints. *J Biomech* 1987;20(5):547-51. [http://dx.doi.org/10.1016/0021-9290\(87\)90255-7](http://dx.doi.org/10.1016/0021-9290(87)90255-7). PMID:3611129.
21. Menz HB. Two feet, or one person? Problems associated with statistical analysis of paired data in foot and ankle medicine. *Foot*. 2004;14(1):2-5. [http://dx.doi.org/10.1016/S0958-2592\(03\)00047-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0958-2592(03)00047-6).
22. Buldt AK, Forghany S, Landorf KB, Levinger P, Murley GS, Menz HB. Foot posture is associated with plantar pressure during gait: a comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait Posture* 2018;62:235-240. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.03.005>. PMID:29573666.
23. Putti AB, Arnold GP, Cochrane LA, Abboud RJ. Normal pressure values and repeatability of the Emed ST4 system. *Gait Posture* 2008;27(3):501-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.06.009>. PMID:17702582.
24. AMERICAN THORACIC SOCIETY. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166(1):111-7. <http://dx.doi.org/10.1164/ajrccm.166.1.at1102>. PMID:12091180.
25. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14(5):377-81. <http://dx.doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012>. PMID:7154893.

26. Fourchet F, Kelly L, Horobeanu C, Loepelt H, Taiar R, Millet G. High-intensity running and plantar-flexor fatigability and plantar-pressure distribution in adolescent runners. *J Athl Train* 2015;50(2):117-25. PMID:25531143.
27. Zhao Y, Zheng D, Yan S, Liu M, Yang L. Children with obesity experience different age-related changes in plantar pressure distributions: a follow-up study in China. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(18):6602. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17186602>. PMID:32927864.
28. Catan L, Amaricai E, Onofrei RR, Popoiu CM, Iacob ER, Stanculescu CM, et al. The impact of overweight and obesity on plantar pressure in children and adolescents: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(18):6600. PMID:32927870.
29. Li AM, Yin J, Yu CC, Tsang T, So HK, Wong E, et al. The six-minute walk test in healthy children: reliability and validity. *Eur Respir J* 2005;25(6):1057-60. <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.05.00134904>. PMID:15929962.
30. Casonatto J, Joa M, Ricardo E, Ronque V. Association between health-related physical fitness and body mass index status in children. *J Child Heal Care* 2016;20(3):294-303. <http://dx.doi.org/10.1177/1367493515598645>.