

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Ciências da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Odontologia



Tese de Doutorado

Relação entre Obesidade e Cárie Dentária na Infância e Adolescência

Érica Torres de Almeida Piovesan

Brasília, 18 de agosto de 2023

Érica Torres de Almeida Piovesan

Relação entre Obesidade e Cárie Dentária na Infância e Adolescência

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Odontologia.

Orientadora: Soraya Coelho Leal

Orientador (doutorado sanduíche): Eduardo Bernabé

Brasília, 2023

Érica Torres de Almeida Piovesan

Relação entre Obesidade e Cárie Dentária na Infância e Adolescência

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Data da defesa: 18 de agosto de 2023

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a. Soraya Coelho Leal (Orientadora)

Prof. Dr. Carlos Alberto Feldens

Prof.^a Dr.^a. Maria Alice Pimentel Fuscella

Prof.^a Dr.^a. Eliana Mitsue Takeshita Nakagawa

Prof.^a Dr.^a. Vanessa Polina Pereira da Costa (Suplente)

Dedico este trabalho, aos meus filhos, Caio Torres Piovesan e Guilherme Torres Piovesan, e ao meu marido, Alexandre Piovesan, amores da minha vida, por todo suporte e apoio para que eu realizasse meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

À Deus por cuidar de todos os detalhes da minha vida, por honrar os meus sonhos, por guiar os meus passos, por estar fielmente ao meu lado e por colocar ao meu lado pessoas certas, no lugar certo e na hora certa.

À minha família que sempre esteve ao meu lado, apoiando e torcendo. Agradeço, em especial, aos meus filhos Caio e Guilherme e ao meu marido Alexandre por abdicarem de suas vidas no Brasil para me acompanhar durante o meu período no exterior e por entenderem os meus momentos de ausência. Ao meu irmão, cunhada e sobrinho que nos receberam com muito amor em Londres. À minha mãe pelo incessante apoio e pelas conversas edificantes.

Aos meus queridos professores, sem os quais este trabalho não seria possível. **Profª Drª Soraya Coelho Leal**, minha orientadora, por me apresentar um novo mundo, pela confiança e oportunidade de fazer este trabalho, por tantos ensinamentos, pela disponibilidade e, principalmente, por ser um exemplo de pessoa e profissional. Foi uma honra ser orientada por uma professora tão especial. **Prof. Dr. Eduardo Bernabé**, meu orientador no doutorado-sanduiche, pelas suas relevantes contribuições na execução deste trabalho, assim como no meu processo de aprendizagem. Por ter me ensinado uma ciência completamente nova e desafiadora para mim. Seus ensinamentos e seu profissionalismo foram marcantes. **Prof. Dr. Wagner Marcenes** pela oportunidade de participar deste projeto, pelos conhecimentos compartilhados e por ter sido o caminho para a oportunidade de viver uma experiência de pesquisa incrível em Londres. Com vocês três aprendi muito. Obrigada pela confiança no meu potencial.

Às colegas da pós-graduação e à todas as pessoas envolvidas no projeto, especialmente as que contribuíram com a coleta dos dados da amostra e a minha colega Birke Bogale pelos momentos vividos no decorrer desta caminhada.

À todas as crianças examinadas na pesquisa, e seus responsáveis, pela disponibilidade em participar.

À banca examinadora pelo aceite na participação e por disponibilizarem parte do seu tempo à leitura do presente estudo.

À Faculdade de Ciências da saúde e o Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade de Brasília, que abrigaram a mim e à minha pesquisa; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa

de doutorado-sanduiche (processo PDSE 88881.622989/2021-01); e à King's College London, por ter me recebido como pesquisadora visitante.

Vocês foram importantes para que eu pudesse concluir este ciclo.

Muito obrigada!

RESUMO

Introdução: A obesidade e a cárie dentária são duas das condições mais comuns que afetam crianças globalmente e ambas têm implicações significativas no bem-estar e na saúde futura destas. Embora muito já se tenha pesquisado sobre a relação entre elas, os resultados até o momento permanecem ambíguos. **Objetivo:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre obesidade e cárie em crianças brasileiras de 6 a 9 anos e crianças e adolescentes americanos de 2 a 5 anos e 8 a 19 anos. **Métodos:** O estudo foi dividido em três partes: análise de dados (cárie dentária e escore z de índice de massa corporal (ZIMC) em escolares de 6 a 9 anos residentes em comunidades carentes do Distrito Federal, Brasil; análise dos dados (cárie dentária, IMC, ZIMC) de crianças de 2 a 5 anos da *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) 2011–2018 dos Estados Unidos; e análise dos dados (cárie dentária, índice de massa gorda (IMG) e percentual de gordura (%G)) de crianças e adolescentes de 8 a 19 anos também do NHANES 2011-2018. As associações foram testadas em modelos de regressão ajustados aos fatores de confusão. **Resultados:** Quanto aos dados do DF, 61,5% das crianças tiveram experiência de cárie de acordo com os critérios da Organização Mundial da Saúde (OMS) e 17,0%, 8,9% e 2,8% foram classificadas como sobrepeso, obesos e como obesos graves, respectivamente. Apenas a categoria de obesidade do escore ZIMC foi associada à prevalência de cárie não tratada e nenhum dos indicadores de cárie, incluindo prevalência e gravidade da cárie, foi associado ao escore ZBMI das crianças em modelos brutos ou ajustados. Em relação aos dados NHANES de crianças de 2 a 5 anos, em modelos brutos, a obesidade foi associada a valores mais elevados de cárie dentária não tratada ao se aplicar os padrões da *International Obesity Task Force* (IOTF) (RR: 2,43, IC 95%: 1,11, 5,29), mas não os da OMS e do *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC); a obesidade foi associada à experiência de cárie mais elevada ao usar os padrões da OMS (1,57, 95% CI: 1,11–2,22), CDC (1,70, 95% CI: 1,17–2,46) e IOTF (2,43, 95% CI: 1,73–3,42); a obesidade foi associada à prevalência de cárie ao longo da vida ao usar os padrões da OMS (1,55, 95% CI: 1,05–2,29), CDC (1,73, 95% CI: 1,14–2,62) e IOTF (2,45, 95% CI: 1,61–3,71), mas não com prevalência de cárie não tratada. Essas associações foram totalmente atenuadas após o controle de fatores demográficos, nível socioeconômico familiar e ingestão de açúcares adicionados. Em crianças e adolescentes de 8 a 19 anos, o IMG foi associado ao valor do CPOD (Rate Ratio: 1,03, IC 95%: 1,01-1,05) e à prevalência de cárie ao longo da vida (Odds Ratio: 1,06, IC 95%: 1,03-1,08), mas as associações foram atenuadas após o ajuste para fatores de confusão. Nem o escore do %G nem a presença de excesso de adiposidade, definido de acordo com os padrões de referência do %G ou do IMG, foram associados à cárie dentária. **Conclusões:** Concluiu-se que a relação entre obesidade e cárie em crianças e adolescentes variou de acordo com as medidas de adiposidade adotadas, bem como na definição de obesidade e cárie dentária. Além disso, as associações foram atenuadas após ajuste para os fatores de confusão.

Palavras-chave: cárie dentária, saúde bucal, obesidade, tecido adiposo, estudos transversais, criança, adolescente.

ABSTRACT

Background: Obesity and dental caries are two of the most common conditions affecting children and both have significant implications on their wellbeing and future health. Even though research about the relationship between the two conditions has been conducted for many years, results to date remain equivocal. **Aim:** The current study aimed to evaluate the relationship between obesity and dental caries in Brazilian children aged 6 to 9 years and American children and adolescents aged 2 to 5 years and 8 to 19 years, as well as to investigate possible individual and environmental determinants associated with both conditions. **Methods:** The study was divided into three parts: data analysis (dental caries and body mass index z-score (ZBMI)) in schoolchildren aged 6 to 9 years living in highly deprived communities in the Federal District, Brazil; data analysis (dental caries, BMI, ZBMI) of children aged 2 to 5 years from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2011–2018 in the United States; and data analysis (dental caries, fat mass index (FMI) and fat percentage (BF%)) of children and adolescents aged 8 to 19 years also from NHANES 2011-2018. Associations were tested in regression models adjusted for confounding factors. **Results:** In regard to the DF data, 61.5% of the children had caries experience according to the criteria of the World Health Organization (WHO) and 17.0%, 8.9% and 2.8% were classified as overweight, obese and severely obese, respectively. Only the obesity ZBMI category was associated with the untreated caries prevalence, and none of the different indicators of caries prevalence or severity were associated with children's ZBMI score in either crude or adjusted model. Regarding NHANES data from children aged 2 to 5 years, in crude models, obesity was associated with greater dt scores when using the International Obesity Task Force (IOTF) standards (RR: 2.43, 95% CI: 1.11, 5.29), but not when using the WHO and the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) standards; obesity was associated with greater dft scores when using the WHO (1.57, 95%CI: 1.11–2.22), CDC (1.70, 95%CI: 1.17–2.46) and IOTF standards (2.43, 95%CI: 1.73–3.42); obesity was associated with lifetime caries prevalence when using the WHO (1.55, 95%CI: 1.05–2.29), CDC (1.73, 95%CI: 1.14–2.62) and IOTF standards (2.45, 95%CI: 1.61–3.71), but not with untreated caries prevalence. These associations were fully attenuated after controlling for demographic factors, family socioeconomic status and child's intake of added sugars. In children and adolescents aged 8 to 19 years, FMI score was associated with the DMFT score (rate ratio: 1.03, 95%CI: 1.01-1.05) and lifetime caries prevalence (odds ratio: 1.06, 95%CI: 1.03-1.08), but the associations were attenuated after adjustment for confounders. Neither the BF% score nor the presence of excess adiposity, defined according to the BF% or FMI reference standards, were associated with dental caries. **Conclusions:** It was concluded that the relationship between obesity and caries in children and adolescents varied according to the measures of adiposity adopted, as well as the definition of obesity and dental caries used. Furthermore, the associations were fully attenuated after adjusting for confound factors.

Keywords: dental caries, oral health, obesity, adipose tissue, cross-sectional studies, child, adolescent.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO, REVISÃO DA LITERATURA E OBJETIVOS.....	11
1.1 INTRODUÇÃO.....	11
1.2 REVISÃO DA LITERATURA.....	13
1.2.1 Obesidade.....	13
1.2.1.1 Fatores de risco dietéticos para a obesidade.....	14
1.2.1.2 Fatores demográficos da obesidade.....	14
1.2.1.3 Aspectos metodológicos - métodos de avaliação da composição corporal.....	16
1.2.1.4 IMC.....	16
1.2.1.5 Escores z e os percentis.....	17
1.2.1.6 Sistemas de classificação.....	18
1.2.1.7 Absorciometria de raios x de dupla energia - (DEXA).....	20
1.2.2 Cárie Dentária.....	20
1.2.2.1 Definição.....	20
1.2.2.2 Epidemiologia da cárie dentária.....	20
1.2.2.3 Prevalência e tendências no brasil.....	22
1.2.2.4 <i>National Health and Nutrition Examination Survey</i> (NHANES).....	22
1.2.2.5 Etiologia da cárie dentária.....	23
1.2.2.6 Papel da microbiota na etiologia da cárie dentária.....	23
1.2.2.7 Papel do açúcar na etiologia da cárie dentária.....	24
1.2.2.8 Fatores sociodemográficos associados à cárie dentária..	24
1.2.2.9 Nível socioeconômico.....	25
1.2.2.10 Consequências da cárie dentária.....	26

1.2.2.11 Ônus associado ao manejo da cárie dentária.....	26
1.2.2.12 Diagnóstico da cárie dentária.....	27
1.2.2.13 Critérios diagnósticos para registro da cárie dentária.....	28
1.2.2.14 Obesidade e cárie dentária – natureza das potenciais relações.....	30
1.3 OBJETIVOS DA TESE DE DOUTORADO.....	32
1.3.1 Geral.....	32
1.3.2 Específicos	32
1.4 REFERÊNCIAS.....	33
2. DENTAL CARIES AND BODY MASS INDEX Z-SCORE IN BRAZILIAN UNDERPRIVILEGED SCHOOLCHILDREN.....	41
2.1 INTRODUCTION.....	42
2.2 METHODS	43
2.3 RESULTS.....	47
2.4 DISCUSSION.....	53
2.5 CONCLUSION.....	55
2.6 REFERENCES.....	56
3. THE RELATIONSHIP BETWEEN OBESITY AND CHILDHOOD DENTAL CARIES IN THE UNITED STATES.....	59
3.1 INTRODUCTION.....	60
3.2 MATERIAL AND METHODS	61
3.3 RESULTS.....	64
3.4 DISCUSSION.....	70
3.5 CONCLUSION.....	72
3.6 REFERENCES.....	73

4. ADIPOSITY IS NOT ASSOCIATED WITH DENTAL CARIES AMONG YOUTH IN THE UNITED STATES	77
4.1 INTRODUCTION.....	78
4.2 METHODS	79
4.3 RESULTS.....	82
4.4 DISCUSSION.....	86
4.5 CONCLUSION.....	87
4.6 REFERENCES.....	89
5. DISCUSSÃO.....	91
5.1 DISCUSSÃO GERAL.....	92
5.1.1 Relação entre obesidade e cárie.....	92
5.1.2 Implicações para a prática.....	94
5.2 RECOMENDAÇÕES.....	96
5.2.1 Trabalho colaborativo.....	96
5.2.2 Relações entre os acadêmicos e as escolas.....	97
5.2.3 Determinantes mais amplos e comuns de obesidade e cárie.....	98
5.2.4 Características parentais.....	99
5.3 CONTRIBUIÇÃO.....	99
5.3.1 Dados do Distrito Federal.....	99
5.4.2 Dados NHANES.....	100
5.5 LIMITAÇÕES.....	100
5.6 CONCLUSÕES.....	101
APÊNDICES E ANEXOS.....	105

1 INTRODUÇÃO, REVISÃO DA LITERATURA E OBJETIVOS

1.1 INTRODUÇÃO

De acordo com dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), 5 milhões de crianças morreram antes do quinto aniversário e outros 2,1 milhões de crianças e jovens entre 5 e 24 anos perderam a vida em 2021. A maioria dessas mortes ocorreu devido a doenças que poderiam ter sido tratadas ou prevenidas. Ao mesmo tempo, as doenças transmissíveis e não transmissíveis e seus fatores de risco continuam a crescer em populações de privação social (1, 2). Por exemplo, a prevalência de obesidade cresceu significativamente de menos de 1% em 1975 para quase 6% entre todas as meninas (50 milhões) e 8% entre todos os meninos (74 milhões) globalmente em 2016 (3). Além disso, um quarto dessas doenças podem estar relacionadas a riscos ambientais, como poluição do ar, água não tratada, falta de saneamento, higiene inadequada e produtos químicos (4). Os dados apresentados revelam que esses indivíduos apresentam necessidades significativas de serviços de promoção, prevenção e assistência à saúde.

Uma intervenção precoce em relação à saúde da criança e do adolescente por meio da implementação de ações que reduzam ou eliminem a exposição ao risco tende a contribuir para um quadro de adultos mais ativos e saudáveis (5), isso porque, problemas de saúde em crianças e adolescentes podem ter graves consequências durante a vida adulta (6).

O sobrepeso e a obesidade na infância são dois dos maiores problemas de saúde pública evitáveis para esta população e se tornaram uma epidemia global nos últimos tempos (7). O *Global Burden of Disease Study* (GBD) estimou um aumento de duas vezes a prevalência de obesidade infantil de 1980 a 2015, tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento (7). O sobrepeso e a obesidade infantil são considerados pela OMS como fatores de risco biomédico crítico para a obesidade em adultos e subsequentemente, levando a doenças potencialmente fatais, como diabetes mellitus tipo II, doenças cardiovasculares, distúrbios musculoesqueléticos e certos tipos de câncer (8). A OMS estimou que cerca de 38 milhões de crianças menores de 5 anos estavam com sobrepeso ou com obesidade em 2019 (9).

A cárie dentária é a condição de saúde mais prevalente entre todas as incluídas no estudo GBD. A prevalência de cárie padronizada por idade em dentes decíduos foi de 7,8% (95% IC, 6,5% a 9,1%) em 2017, enquanto o número de casos prevalentes foi de 532 milhões (95% IC, 443 a 622 milhões). A prevalência de cárie em dentes permanentes foi de 29,4% (95% IC, 26,8% a 32,2%) em 2017, enquanto o número de casos prevalentes foi de 2,3 bilhões (95% IC, 2,1 a 2,5 bilhões). No Brasil, a prevalência de cárie padronizada por idade em dentes decíduos foi de 7% (95% IC, 5,4% a 8,4%) em 2017, enquanto o número de casos prevalentes foi de 11 milhões (95% IC, 8 a 13 milhões) (10).

Embora amplamente evitável através do diagnóstico precoce, aconselhamento parental e terapia tópica de flúor, a natureza de rápida progressão da doença pode causar consequências imediatas e de longo prazo para a saúde se não tratada. A cárie dentária afeta negativamente a qualidade de vida da criança devido ao desconforto, dor, hábitos alterados de sono e má nutrição. Além disso, afeta o crescimento e o desenvolvimento normal desta e pode aumentar o risco de hospitalização (11).

Estudos sugerem que uma associação entre sobrepeso/obesidade e cárie dentária é provavelmente derivada de fatores de risco comuns, como dieta rica em açúcar, baixo nível socioeconômico (NSE) e outros fatores socioambientais (12, 13). A renda, quando mais baixa, pode representar uma barreira para que o indivíduo adote um estilo de vida saudável. Isso ocorre porque as famílias com renda mais alta podem comprar alimentos saudáveis, têm tempo para fazer exercícios regularmente e pagar por serviços de saúde de qualidade. Por outro lado, baixos salários e a falta de bens podem tornar indivíduos e famílias vulneráveis, especialmente durante longos períodos de austeridade econômica. Isso pode levar a períodos de má nutrição, más condições de moradia e necessidades de saúde não atendidas (14-17).

Nesse contexto, a promoção de saúde para crianças e adolescentes não pode continuar sendo negligenciada e requer medidas governamentais, sendo encarada como uma possível solução de parte dos problemas de saúde pública. A promoção de saúde é considerada uma estratégia de produção social, ou seja, um processo abrangente e contínuo, que envolve prevenção de fatores de risco, educação e a participação de diferentes setores da sociedade (18). Conceito este descrito pela Carta de *Ottawa* (1986) que destaca a criação de ambientes favoráveis à saúde, por

considerar que ela surge e se mantém na vida cotidiana: nos centros de ensino, de trabalho e de lazer (19).

Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo avaliar a possível relação entre obesidade e cárie dentária em crianças brasileiras de 6 a 9 anos e crianças e jovens americanos de 2 a 5 anos e 8 a 19 anos, respectivamente.

1.2 REVISÃO DA LITERATURA

1.2.1 Obesidade

A obesidade é geralmente considerada como resíduo de gordura corporal acumulada no tecido adiposo (20) que pode ter implicações significativas na saúde de um indivíduo (21). Resulta de uma mudança na qual há um balanço energético positivo quando mais calorias são ingeridas do que gastas (21).

O método mais amplamente utilizado para avaliar o estado do peso em adultos e crianças é o Índice de Massa Corporal (IMC), que é determinado pela divisão do peso (em quilogramas) pela altura (em metros) ao quadrado [$IMC = \text{peso (kg)} / \text{altura (m)}^2$]. Em adultos, um IMC de 25 kg/m² a 29,9 kg/m² é comumente usado para definir sobrepeso, enquanto um IMC de 30 kg/m² ou superior indica obesidade (21). No entanto, a classificação das medidas de IMC em crianças e adolescentes não é tão simples (22). Mais detalhes sobre as razões pelas quais a classificação do IMC é mais complexa em crianças e como ela é aplicada, bem como outros métodos de avaliação do status de peso de um indivíduo serão fornecidos posteriormente nesta tese.

A obesidade tem sido caracterizada como um importante problema de saúde pública e tem aumentado substancialmente nos últimos anos (21). Nas crianças, aumentou mais do que o dobro nas últimas três décadas, enquanto nos adolescentes quadruplicou. Nos EUA, país considerado com a maior prevalência de obesidade infantil no mundo, a porcentagem de crianças obesas com idade entre 6 e 11 anos aumentou de 7% em 1980 para quase 18% em 2012 (23). No mesmo período, houve um aumento semelhante (16%) na prevalência da condição entre os adolescentes americanos. Dados do Brasil mostraram que 4,1% das crianças de 5 a 9 anos estavam abaixo do peso, enquanto 33,5% estavam com sobrepeso e 14,3% eram obesas no período de 2008-2009 (24).

1.2.1.1 Fatores de risco dietéticos para a obesidade

Um fator dietético que tem sido associado ao sobrepeso e à obesidade é o aumento da ingestão de alimentos ricos em calorias, que incluem alimentos e bebidas com alto teor de açúcar e gordura (25). Essa associação aparece tanto na população infantil quanto na adulta.

Em uma revisão sistemática de estudos de coorte e ensaios clínicos randomizados, a OMS destacou que a ingestão de açúcar pode afetar significativamente o peso corporal (26). Nesta revisão, a análise dos resultados de 30 estudos indicou que a menor ingestão de açúcar foi associada a uma redução significativa no peso, enquanto o aumento do consumo de açúcar resultou em um aumento no peso corporal. Outras revisões sistemáticas (27, 28), bem como uma revisão de revisões sistemáticas e meta-análises (29), confirmaram que a maioria das evidências indica que existe uma relação positiva entre a ingestão de bebidas adoçadas com açúcar e o aumento do peso em crianças e adolescentes.

1.2.1.2 Fatores demográficos associados à obesidade

Vários fatores demográficos também foram associados à prevalência de sobrepeso/obesidade, incluindo idade, sexo, etnia e nível socioeconômico (NSE). A obesidade afeta desproporcionalmente as crianças. Crianças de famílias de baixo NSE ou que vivem em áreas carentes correm maior risco do que crianças de famílias de alto NSE (30).

Uma associação significativa entre índice social e sobrepeso e obesidade infantil foi mostrada em um estudo que utilizou dados de uma pesquisa com 28.159 crianças alemãs de 5 a 6 anos (14). Um estudo ecológico que usou dados da Inglaterra mostrou áreas de privação fortemente relacionadas às taxas de obesidade entre crianças em idade escolar de quatro a 5 anos e 10 anos (15). Outro estudo transversal que incluiu 2.341 crianças com idade média de 9 e 12 anos mostrou que as crianças do quartil mais baixo de NSE tinham 1,79 vezes (IC: 1,35, 2,36) mais chances de ter sobrepeso ou obesidade do que seus pares do quartil mais alto (16).

A relação entre NSE e excesso de peso foram examinadas usando dados do *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) para 30.417 crianças e adolescentes dos EUA entre 2 e 18 anos de idade (31). Os dados, que se referem ao

período de tempo entre 1971 e 2002, indicaram que havia interações complexas entre NSE e excesso de peso, pois nem todos os grupos de baixo NSE tinham risco aumentado de excesso de peso. Os autores identificaram que diversas variáveis raciais, sexuais e etárias afetam a relação entre NSE e obesidade. A associação entre obesidade e status socioeconômico na juventude dos EUA também foi confirmada como não sendo consistente em diferentes grupos raciais e étnicos em outra análise dos dados do NHANES entre 2005 e 2008 (32).

Uma revisão sistemática posterior mostrou, no entanto, que existia uma relação inversa entre a posição socioeconômica e o sobrepeso e a obesidade em crianças desde o nascimento até os 15 anos de idade em várias regiões do mundo (33). A análise quantitativa dos resultados indicou que o risco de sobrepeso ou obesidade foi maior em crianças com menor NSE em comparação com aquelas que eram as mais ricas. Curiosamente, a relação inversa entre NSE e status de peso aumentado só foi evidente em países desenvolvidos.

De fato, parece que a relação entre NSE e peso pouco saudável é afetada pelo nível de desenvolvimento do país, já que a natureza da associação entre aumento de peso e NSE varia de país para país. Em contraste com os países desenvolvidos, nos países em desenvolvimento, as crianças com baixo NSE têm menos probabilidade de sofrer de excesso de peso em comparação com seus pares ricos (34). Esta tendência é provavelmente explicada pela disponibilidade de alimentos. Evidências também sugerem que crianças desfavorecidas em países desenvolvidos correm maior risco de magreza e obesidade.

Apesar da complexidade nas supostas associações entre obesidade e NSE, alguns mecanismos plausíveis pelos quais crianças desfavorecidas correm maior risco incluem os estilos de alimentação infantil pouco saudáveis entre crianças de grupos de NSE mais baixos e o fato dessas serem mais propensas a terem mães obesas (e a obesidade materna influencia o risco de obesidade dos filhos) (35). Além disso, as evidências mostram que indivíduos desfavorecidos muitas vezes optam por comprar alimentos mais baratos e estes são mais propensos a serem ricos em gordura e açúcar do que alimentos mais caros (17).

1.2.1.3 Aspectos metodológicos - Métodos de avaliação da composição corporal

Existem vários métodos para avaliar a categoria do peso ou a composição corporal em crianças e adultos. Estes podem ser divididos em “métodos proxy” e “medidas laboratoriais” (36). Os métodos proxy são comumente usados em grandes estudos epidemiológicos ou rotineiramente na prática clínica e são empregados no atual trabalho de doutorado. Os métodos usados em um ambiente de laboratório são considerados mais confiáveis, precisos e avançados e são usados para validar outros métodos que avaliam a composição corporal (36). No levantamento NHANES, realizado nos EUA, e que serviu de base para dois artigos que compõem esta tese, empregou-se a Absorciometria de raio-X de dupla energia, que é considerado um método laboratorial.

Os métodos antropométricos são os indicadores mais utilizados para avaliar o crescimento e o desenvolvimento de crianças e adolescentes, sendo geralmente considerados simples, baratos, seguros e não invasivos (20, 37, 38). Eles também demonstraram ter forte correlação com o estado nutricional da criança (38).

As medidas antropométricas comumente usadas no cenário de pesquisa e que são proxies do estado nutricional ou de peso de uma criança incluem o IMC, a circunferência da cintura e do quadril, a circunferência da cintura ao quadril e as dobras cutâneas. A descrição de alguns desses métodos é dada a seguir, juntamente com suas vantagens e desvantagens.

1.2.1.4 IMC

O IMC é o indicador mais comum usado para determinar o estado do peso em crianças e adultos (21). A utilização do IMC na determinação da obesidade em crianças é recomendada por se constituir em um método barato e de simples aplicação tanto em pesquisa quanto na prática clínica. No entanto, o IMC tem limitações. O IMC não é capaz de distinguir entre massa gorda e massa corporal magra, não identifica a distribuição de gordura no corpo e pode não ser igualmente válido entre sexo, raça/etnia e faixas etárias (esta última limitação é especialmente importante entre adolescentes dadas mudanças corporais durante a puberdade) (39, 40). Além disso, existem diferenças nos padrões internacionais para definir a

obesidade infantil a partir dos valores do IMC (41), que, por consequência, afetam a análise da associação entre obesidade e cárie dentária (42).

De acordo com os resultados de uma revisão sistemática, o uso do IMC é recomendado para a avaliação da gordura corporal de crianças quando outros métodos mais precisos, como a Absorciometria de raio-X de dupla energia (DEXA), não estão disponíveis (37).

Em 2016, uma revisão sistemática indicou que existe uma associação positiva moderada entre o IMC e a gordura corporal estimada pelo DEXA, enquanto entre os diferentes métodos antropométricos testados, o IMC se mostrou um método muito específico, mas menos sensível (37). Da mesma forma, uma revisão sistemática, mostrou que as medidas de IMC em crianças estão relacionadas às de DEXA (43). Outra revisão indicou que o IMC é uma medida valiosa em crianças, desde que sejam levadas em consideração as limitações em suas aplicações (44), embora outros tenham destacado a necessidade de encontrar métodos alternativos para definir obesidade em crianças (45).

Conforme mencionado no início deste capítulo, em adultos, um IMC de 25 kg/m² a 29,9 kg/m² é comumente usado para definir sobrepeso e um IMC de 30 kg/m² ou mais indica obesidade (21). Em crianças não existe consenso e as evidências para apoiar tal classificação são limitadas (20). A interpretação das medidas de IMC em crianças também é mais complicada, pois o IMC não é uma medida estática e varia entre meninas e meninos. Por esse motivo, sugere-se que o IMC seja interpretado por meio de medidas percentuais, também conhecidas como população ou padrões de crescimento (46). Estes são definidos em relação a uma população de referência tendo em conta parâmetros como idade, sexo e etnia (47).

1.2.1.5 Escores z e os Percentis

O status de peso das crianças é comumente interpretado/apresentado com o uso de percentis ou escores z.

A OMS e o *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) dos EUA desenvolveram um software estatístico para ajudar os pesquisadores a calcular os escores Z com base nas referências de 1978 da OMS/NCHS (*National Center for Health Statistics*). Por exemplo, uma criança do sexo feminino com 8 anos de idade, pesando 20.2 kg e medindo 118.2 cm terá o IMC 14.46. Para calcular o escore z desta

criança, usamos uma ferramenta disponível no próprio site da OMS (48) para chegar ao resultado já ajustado para idade e sexo (escore $Z = -0,96$).

Um percentil é o valor de uma variável abaixo do qual uma certa porcentagem de observações (ou população) está alocada, ou seja, o percentil se refere à posição de um indivíduo em uma determinada distribuição de referência. Os percentis amplamente usados incluem o 3, 5, 50, 85, 95, 97, 99.

O site do CDC fornece arquivos de dados de percentil com valores LMS que resume os dados em três curvas suaves específicas de idade chamadas L (lambda), M (mu) e S (sigma) para que os percentis sejam calculados (49). No nosso exemplo a criança estará mais próxima do P15 - percentil 15 (IMC adequado ou eutrófico).

Embora o escore z seja uma medida mais complicada comparada aos percentis, seu uso em pesquisas é recomendado por vários motivos: o escore z é uma medida contínua/linear enquanto o percentil é uma escala de classificação; por esta razão, o primeiro permite comparações entre diferentes indicadores (como idade e sexo) e permite o cálculo de estatísticas resumidas, incluindo a média e o desvio padrão (50, 51). Além disso, em contraste com os escores z, os percentis não podem ser usados para avaliar a mudança no status do peso ao longo do tempo (50). Assim, o uso de escores z é recomendado em pesquisas, enquanto os percentis são comumente usados na prática clínica devido à sua simplicidade.

1.2.1.6 Sistemas de classificação

Existem vários conjuntos de dados de referência de IMC para crianças, desenvolvidos internacionalmente. Os sistemas de IMC mais comuns usados para definir sobrepeso/obesidade em nível internacional são os da *International Obesity Task Force* (IOTF) (52), *US Centers for Disease Control and Prevention* (53) e o da OMS (54).

International Obesity Task Force (IOTF)

Com o objetivo de permitir comparações internacionais de prevalência de sobrepeso e obesidade em crianças foi desenvolvido no ano de 2000 um conjunto internacional de percentis específicos de idade e sexo comumente conhecidos como *cut-offs* da IOTF. Para estabelecer esses pontos de cortes, foram usados dados representativos do Reino Unido, Brasil, Hong Kong, Holanda, Cingapura e Estados

Unidos. A amostra incluiu 97.876 homens e 94.851 mulheres com idade desde o nascimento até 25 anos de idade (52).

A classificação internacional do IMC para crianças e adolescentes até 18 anos é a seguinte:

Baixo= isoIMC* < 25 aos 18 anos

Excesso de peso= isoIMC*: 25-29,9 aos 18 anos

Obesidade= isoIMC* >30 aos 18 anos

* isoIMC é uma maneira de ajustar o IMC de uma criança para idade e sexo. Em outras palavras, ele converte o IMC de uma criança em um valor equivalente para um indivíduo adulto que podemos comparar com os limites estabelecidos.

US Centers for Disease Control and Prevention / percentis de IMC por idade

Os gráficos de crescimento do US CDC 2000 foram desenvolvidos usando dados coletados entre 1963 e 1994 de cinco ciclos do NHANES e cinco fontes de dados suplementares (53).

Os percentis específicos de idade e sexo para crianças de 2 a 19 anos são os seguintes:

Baixo peso= < percentil 5;

Normal= ≥ 5 < percentil 85;

Excesso de peso= \geq percentil 85 e < 95;

Obeso = > percentil 95.

OMS (AnthroPlus)/IMC por idade (5-19 anos)

Usando dados semelhantes do NHANES, a OMS (54) desenvolveu referências para uso em indivíduos entre 5 e 19 anos:

Sobrepeso: > +1 escores z (equivalente a IMC 25 kg/m² aos 19 anos)

Obesidade: > +2 escores z (equivalente a IMC 30 kg/m² aos 19 anos)

Magreza: < -2 escores z

Magreza grave: < -3 escores z

1.2.1.7 Absorciometria de raios X de dupla energia - (DEXA)

A máquina DEXA usa radiação de baixo nível para medir tecido adiposo e magro, conteúdo mineral ósseo e densidade estando os indivíduos deitados em decúbito dorsal (55). É considerado um método preciso para avaliar a composição corporal e é relativamente rápido e simples. Como emite apenas um baixo nível de radiação, pode ser usado em crianças (56). Como desvantagem, o equipamento necessário é muito caro e não pode ser movido e, como tal, não é frequentemente usado em estudos epidemiológicos com grandes amostras (36).

1.2.2 Cárie Dentária

1.2.2.1 Definição

A cárie dentária é definida como uma doença complexa multifatorial e dinâmica causada pelo desequilíbrio dos processos de troca de minerais entre os tecidos dentários e o meio líquido da cavidade bucal com predomínio dos episódios de desmineralização, causando a destruição progressiva da parte mineral dos dentes (57). Ciclos repetidos de desmineralização e remineralização resultam na formação de lesão que pode levar à cavitação (58). No entanto, a paralisação da doença é possível em qualquer estágio de progressão, exceto quando já atingiu a polpa.

O conceito mais atual de cárie dentária a define como uma doença que resulta da disbiose causada pelo desequilíbrio de múltiplas espécies cariogênicas, normalmente residentes na cavidade bucal (microbioma oral), desencadeada pelo consumo não racional de açúcar (59).

1.2.2.2 Epidemiologia da cárie dentária

Apesar de ser uma doença evitável, a cárie dentária é um importante problema de saúde pública em todo o mundo (60, 61). É uma das condições mais comuns na população infantil (62) e afeta 60-90% das crianças em idade escolar em muitos países desenvolvidos (61, 63).

No que diz respeito à saúde bucal de crianças em países desenvolvidos, melhorias significativas na saúde bucal nas últimas décadas foram observadas,

principalmente para cárie dentária em dentes permanentes. Isso provavelmente se deve a comportamentos de saúde bucal aprimorados, incluindo o uso eficaz de flúor, particularmente na pasta de dentes, fluoretação da água, manejo mais efetivo da doença e programas de prevenção em escolas (64, 65). No entanto, existe evidência robusta de que muitas crianças ainda são afetadas por cárie e um aumento na prevalência foi relatado em alguns países, particularmente em crianças de baixo nível socioeconômico (66, 67).

As desigualdades em saúde bucal também são evidentes. Nos EUA, para crianças de 3 a 5 e 6 a 9 anos, a cárie dentária não tratada foi significativamente maior para aquelas que vivem no nível de pobreza ou abaixo dele, quando comparadas a seus pares que vivem acima do limiar de pobreza. Ainda, selantes dentários foram mais comumente observados entre as crianças com idade de 6 a 9 anos vivendo em domicílios de renda mais alta (68). Além disso, lesões de cárie em crianças americanas de 2 a 5 anos aumentaram 16,6% entre 1988 e 2004 (69), enquanto crianças mexicanas-americanas, na mesma faixa etária, apresentaram maior probabilidade de serem mais acometidas em comparação com seus pares negros não hispânicos e brancos não hispânicos (70). Essas disparidades persistiram em uma pesquisa sobre cárie em 2011-2012, que mostrou que a prevalência da condição era maior em crianças de origem hispânica (46%) e negra não hispânica (44%), do que naquelas brancas de origem não hispânica (71). Mais evidências indicando a presença de desigualdades na saúde bucal vêm da prevalência de cárie em crianças carentes no Canadá. Quando a prevalência de cárie na primeira infância foi examinada em uma amostra de crianças que sofriam maus tratos, descobriu-se que crianças maltratadas e negligenciadas apresentavam níveis mais altos de cárie dentária em comparação com crianças de cinco anos de idade de uma população de Toronto (72).

Nos Estados Unidos (EUA), a cárie não tratada em dentes permanentes tem diminuído na juventude, mas permanece alta mais tarde em adolescentes, uma vez que quase 22% dos jovens de 16 a 19 anos têm cárie dentária não tratada (73).

A análise dos dados do estudo *Global Burden of Disease* (GBD) mostrou que a prevalência de cárie não tratada em dentes permanentes era de 29,4% em 2017. As condições bucais continuam sendo um desafio de saúde pública e as desigualdades sociais nas condições bucais existem. Os países economicamente mais desenvolvidos têm a menor prevalência de cárie não tratada e doença

periodontal e a maior carga de perda dentária. Enquanto a carga de todas as condições bucais combinadas diminuiu em países economicamente mais desenvolvidos, aumentou em países economicamente menos desenvolvidos, sugerindo que a diferença entre grupos de países aumentará (10).

1.2.2.3 Prevalência e tendências no Brasil

O projeto SB Brasil é um estudo sobre as condições de saúde bucal da população brasileira realizado no âmbito da Política Nacional de Saúde Bucal (PNSB), mais conhecida como Brasil Sorridente, implementada pelo Ministério da Saúde. De acordo com os dados provenientes destes levantamentos epidemiológicos realizados nos anos de 2003 e 2010 houve redução os índices ceo-d/CPO-D ao longo do tempo em praticamente todas as regiões brasileiras (74, 75). De acordo com estimativas preliminares do SB2020 para presença de cárie dentária em todos os grupos etários, mantendo estes resultados até o término da pesquisa, o Brasil permanecerá no grupo de países com baixa prevalência de cárie, com CPO-D aos 12 anos de 1,2 a 2,6, segundo classificação da OMS (76).

Os resultados de um estudo também evidenciam tendência de redução da prevalência de dentes permanentes cariados no Brasil e na maioria dos países de renda média-alta. No Brasil, a prevalência de dentes permanentes cariados foi de 38,17% (IC95% 34,99-41,45) em 1990. Em 2017, este valor alcançou 37,46% (IC95% 34,53- 40,62) (77).

A definição do PNSB - Programa Brasil Sorridente (PBS) - foi protagonista na construção de um novo olhar, focado em ações de promoção, prevenção e recuperação da saúde bucal dos brasileiros, além da ampliação do acesso ao tratamento odontológico gratuito por meio do Sistema Único de Saúde (SUS). No entanto, apesar da definição de um PNSB com ampliação do acesso aos serviços de saúde bucal, o impacto na redução da prevalência da doença no Brasil não foi significativo em comparação com outros países de renda média-alta (77).

1.2.2.4 *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES)

O *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) começou no início dos anos 1960 e é um programa de estudos projetado para avaliar a saúde e o

estado nutricional de adultos e crianças nos Estados Unidos. A pesquisa é única na medida em que combina entrevistas e exames físicos. O NHANES é um programa importante do *National Center for Health Statistics* (NCHS) que está ligado ao *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC).

Os dados são coletados anualmente e divulgados para uso público em ciclos de 2 anos. Cada ciclo NHANES incluiu aproximadamente 10.000 indivíduos que são entrevistados em casa e avaliados em fatores de saúde em um centro móvel de exames. Informações adicionais sobre o desenho e a administração da pesquisa podem ser encontradas no site NHANES (78).

1.2.2.5 Etiologia da cárie dentária

A cárie dentária é considerada como uma doença multifatorial polimicrobiana (60, 79, 80). Não apenas os parâmetros relacionados ao biofilme e à dieta, mas as interrelações de diferentes microrganismos e seu efeito sinérgico são de grande importância para a sua etiologia. Assim, o que leva ao desenvolvimento de uma lesão de cárie é o desequilíbrio entre fatores de proteção, fatores de risco e fatores patológicos. Quando a desmineralização é mais rápida do que a remineralização, a lesão de cárie é o resultado (81). Compreender como esses fatores operam na patogênese, progressão e prevenção da doença é fundamental para o desenvolvimento de estratégias e programas eficazes.

1.2.2.6 Papel da microbiota na etiologia da cárie dentária

Vários estudos identificaram bactérias que estão presentes no início e desenvolvimento de lesões cariosas. O principal grupo de bactérias conhecido por estar envolvido no processo da doença inclui *Streptococcus mutans*, *Streptococcus* do grupo não *mutans* (*S. sanguinis*, *S. oralis*, *S. mitis*), lactobacilos, diferentes espécies de *Actinomyces ssp*, *bifibacterium* e leveduras (82, 83). As bactérias cariogênicas produzem ácido durante o metabolismo dos açúcares e carboidratos fermentáveis derivados da dieta, resultando na desmineralização do esmalte e início da progressão de cárie (83).

Tem sido sugerido que os perfis bacterianos mudam em diferentes estágios da doença e que diferem entre a dentição decídua e permanente (84). Em um estudo que

incluiu 110 participantes, foi identificada uma correlação positiva entre cárie, *S. mutans*, *Lactobacilli* e *Actinomyces* na dentição decídua e permanente; os autores confirmaram que essas bactérias são elementos da flora microbiana normal da cavidade oral (85). A composição do microbioma oral é influenciada pelo meio bucal e mudanças nas condições locais podem afetar as interações na comunidade microbiana e determinar, em parte, se a relação entre o microbioma oral e o hospedeiro é simbiótica (relação benéfica) ou disbiótica (potencialmente danosa), aumentando o risco de doenças como a cárie dentária.

1.2.2.7 Papel do açúcar na etiologia da cárie dentária

O consumo alto e frequente de açúcar tem sido considerado um fator etiológico no desenvolvimento de cárie e evidências relacionam o consumo de açúcares livres com a doença (86, 87). Os açúcares são considerados a causa mais importante de cárie em crianças e adultos e são um fator dietético necessário para seu desenvolvimento (88). Não é de hoje que a literatura tem mostrado que as modificações dietéticas e, em particular, o aumento do consumo de refrigerantes (muitas vezes contendo alto teor de açúcar) podem contribuir para piores resultados de cárie em crianças (89).

Uma forte ligação entre o consumo de bebidas adoçadas e cárie tem sido demonstrada em vários estudos. Um estudo que analisou dados de 3.194 jovens americanos que participaram do NHANES (1971-1974) encontrou uma relação positiva significativa entre o consumo de refrigerantes (durante e entre as refeições) e a cárie dentária e as relações permaneceram significativas mesmo após o ajuste para outros fatores de confusão incluindo outros alimentos açucarados (90). Além disso, em 642 crianças do *Iowa Fluoride Study*, o consumo de refrigerante regular também foi positivamente relacionado ao risco de cárie dentária (89).

1.2.2.8 Fatores sociodemográficos associados à cárie dentária

Vários fatores sociodemográficos também demonstraram influenciar o desenvolvimento da cárie dentária, incluindo idade, gênero e etnia. Parece também que a obesidade e a cárie dentária compartilham fatores socioeconômicos semelhantes que afetam o desenvolvimento de ambas.

1.2.2.9 Nível socioeconômico

A ligação entre o status socioeconômico e a saúde bucal é amplamente reconhecida. Vários estudos de desenho transversal e longitudinal fornecem evidências para a presença de desigualdades na experiência de cárie dentária infantil, com crianças de nível socioeconômico mais baixo sendo mais afetadas em termos de prevalência e gravidade da condição (91-93). Também foi demonstrado que crianças de nível socioeconômico mais baixo têm necessidades de tratamento significativamente maiores em comparação com seus pares ricos (94).

As evidências também relacionam a experiência de cárie com outros aspectos da privação. Por exemplo, em uma amostra de 12.706 crianças na Dinamarca (5-15 anos), a análise de regressão múltipla indicou que as crianças com maior experiência de cárie eram aquelas pertencentes a famílias cujas mães não eram dinamarquesas e tinham baixo nível educacional, bem como como baixa renda (95). O nível educacional da mãe demonstrou ter uma forte ligação com a experiência de cárie infantil em vários estudos (96-98).

A mesma realidade é vista no Brasil, quando se observa que adolescentes (12 anos) que frequentam escolas públicas, geralmente de famílias mais carentes, apresentam maiores índices de cárie dentária e maior necessidade de tratamento. A média do CPOD para obesos de escolas particulares foi de 1,90 e para eutróficos foi de 1,91 ($p = 0,1151$). A média do CPOD para os obesos das escolas públicas foi de 4,27 e para os eutróficos foi de 4,25 ($p = 0,7802$). Esses achados mostram uma clara polarização da doença, provavelmente devido à falta de políticas de saúde bucal voltadas para a população carente (99).

Os comportamentos que afetam a saúde bucal de indivíduos desfavorecidos incluem maus hábitos de saúde bucal, uso limitado de serviços odontológicos e hábitos alimentares pouco saudáveis, como consumo de alimentos e bebidas açucarados. O alto consumo de sucos de frutas e refrigerantes, bem como a baixa ingestão de cálcio, também parecem influenciar o risco de cárie em crianças em escolas localizadas em áreas de baixo nível socioeconômico (100). O preço também determina a escolha alimentar dos indivíduos (17, 101) e, levando em consideração que os alimentos densos em energia (que tendem a ter maior teor de açúcar e gordura) são de menor custo, não surpreende que pessoas com menor renda tendam a consumir esses alimentos com maior frequência.

As evidências demonstram a clara ligação entre privação e saúde bucal, tornando necessário identificar fatores que criam e mantêm desigualdades em saúde bucal.

1.2.2.10 Consequências da cárie dentária

As doenças bucais podem ter um efeito prejudicial na saúde de uma pessoa, tanto na infância quanto na vida adulta e na sociedade em geral (60, 61). A cárie na primeira infância, em particular, pode ter consequências imediatas e de longo prazo na qualidade de vida da criança (e de sua família) e também pode afetar adversamente a economia; a menos que seja controlada em seus estágios iniciais, as sequelas da cárie dentária podem tornar-se irreversíveis (82).

Questões estéticas relacionadas à presença de cárie podem afetar a autoestima das crianças e seu relacionamento com os outros. Um efeito significativo da cárie é a perda precoce de um dente decíduo devido à necessidade de extração. Isso pode afetar a fala, causar anormalidades na erupção dos permanentes e, conseqüentemente, um problema ortodôntico (81), 103).

A cárie na primeira infância (CPI) também pode afetar o crescimento da criança. Um estudo mostrou que crianças com CPI tinham um peso menor do que seus pares livres de cárie e que eram significativamente mais propensas a pesar menos de 80% de seu peso corporal ideal; o último composto por 8,7% em comparação com apenas 1,7% no grupo pareado. Os autores concluíram que lesões de cárie graves na primeira infância podem afetar adversamente o crescimento da criança (102). Além disso, duas revisões mostraram que a cárie dentária em crianças saudáveis pode contribuir para a falha de crescimento (103, 104).

A associação da cárie com o crescimento também é evidente por meio de estudos que mostram que o tratamento odontológico de crianças com CPI resultou em maior ganho de peso (11, 102, 105, 106).

1.2.2.11 Ônus associado ao manejo da cárie dentária

Além do impacto negativo sobre as crianças e seus pais, a saúde bucal pobre também representa um ônus econômico para os serviços de saúde. O tratamento das doenças bucais, incluindo a cárie dentária, é bastante oneroso (63), sendo

considerado o quarto problema de saúde mais caro tratado em muitos países industrializados (61). Muitas crianças podem necessitar de tratamento odontológico abrangente sob anestesia geral. Nos Estados Unidos, estima-se que, com os gastos do Medicaid (um programa de saúde para famílias e indivíduos com recursos limitados), tais intervenções possam custar em média US\$ 1.451,71 por visita. Esses valores referem-se apenas aos gastos com o tratamento odontológico e não incluem os gastos médicos associados à visita odontológica (por exemplo, taxas de instalações, taxas de anestesia) (107).

Além do tratamento, a cárie dentária também é responsável por custos indiretos para a economia. Por exemplo, o impacto negativo na produtividade causado por funcionários que precisam se ausentar do trabalho como resultado de problemas dentários (108). Os custos diretos do tratamento de doenças bucais em todo o mundo foram estimados em US\$ 298 bilhões por ano e os custos indiretos em US\$ 144 bilhões por ano (108). Reconhecendo as limitações dos dados e metodologias disponíveis, os autores relataram que, com base em suas descobertas, o impacto econômico global das doenças dentárias em 2010 foi de US\$ 442 bilhões.

1.2.2.12 Diagnóstico da cárie dentária

Existem vários métodos disponíveis para o diagnóstico de lesões cariosas. O método primário e mais comum de diagnóstico de cárie é o exame visual-tátil dos dentes por meio da inspeção clínica, e o uso de espelhos bucais, boa luz natural ou artificial (109, 110); este também é o método mais comum de diagnóstico de cárie em levantamentos epidemiológicos. Apesar de sua simplicidade, uma grande desvantagem deste método é sua baixa sensibilidade na detecção de lesões não cavidadas em dentina ou nas superfícies proximais (111). Neste contexto, o exame radiográfico serve como método de diagnóstico complementar, principalmente para a identificação de lesões de cárie interproximais. Embora o uso de radiografias seja cada vez mais utilizado no cenário clínico para diagnósticos mais sensíveis de cárie, seu uso em pesquisa nem sempre é viável, pois é difícil transformá-los em um equipamento padrão (58). Além disso, o uso de radiografias exige que a equipe seja suficientemente treinada e experiente para que interprete os achados radiográficos corretamente.

O *workshop Caries Clinical Trials* (112) chegou a um consenso de que o diagnóstico visual é o método padrão para diagnosticar cárie, mas que métodos adicionais devem ser investigados mais a fundo. O workshop também concluiu que a radiografia interproximal fornece informações adicionais sobre o diagnóstico.

1.2.2.13 Critérios diagnósticos para registro da cárie dentária

Existem vários conjuntos de critérios/sistemas de pontuação para avaliar a cárie dentária, cada um com suas próprias características, fortalezas e fraquezas. Independentemente do sistema utilizado, o treinamento e a calibração do examinador são particularmente importantes. A seguir são descritos alguns sistemas utilizados na área.

CPO-D

Desde 1937, o índice para dentes cariados, perdidos e obturados (CPO-D), que fornece informações sobre cárie no nível de cavitação, tem sido o principal método usado para coletar informações sobre cárie em todo o mundo (113).

O índice CPO-D pode ser calculado para a dentição decídua ou permanente representada pelas letras minúsculas e maiúsculas, respectivamente (ceo-d e CPO-D); o índice ceo-d/CPO-D para um indivíduo pode ser calculado totalizando cada componente separadamente e então somando-os da seguinte forma: $C+P+O=CPO-D$. A partir daí, para avaliar o índice em um grupo de indivíduos, calcula-se o CPO-D total e divide-se pelo número de pessoas do grupo. Este é o critério recomendado pela OMS e o mais comumente utilizado em pesquisas (113).

O CPO-D tem sido usado há muito tempo para comparação da experiência de cárie em diferentes populações e fornece informações sobre os níveis e tendências da condição ao longo do tempo (114). Suas principais vantagens são a simplicidade no domínio e aplicação do critério, as altas taxas de concordância inter examinadores e a possibilidade de comparar os resultados entre várias populações ao longo do tempo (115).

Em termos de limitações, o CPO-D não fornece detalhes sobre as consequências das lesões de cárie não tratadas e o envolvimento pulpar não é registrado neste sistema. Outra limitação desse índice é que ele não contém códigos para cárie em esmalte e também é difícil distinguir entre cárie de dentina que pode

ser restaurada em comparação com aquelas que precisam de tratamentos mais complexos (116, 117).

International Caries Detection and Assessment System (ICDAS II)

Em um esforço para desenvolver e estabelecer um sistema comum de avaliação de cárie, agregando pontos fortes dos sistemas já estabelecidos e abordando a necessidade de entender como a cárie progride ao longo do tempo, além do status “cavitado” apenas, o *International Caries Detection and Assessment System* foi desenvolvido e atualizado várias vezes (118). As principais vantagens deste sistema são que ele é validado e pode ser usado para avaliar os diferentes estágios de desenvolvimento de cárie no esmalte (117, 119). Os códigos ICDAS situam-se entre zero a seis, de acordo com a gravidade da lesão (118).

Apesar de seus pontos fortes, esse sistema não avalia as consequências mais avançadas da cárie, ou seja, infecção pulpar e destruição do tecido circundante; além disso, não permite a avaliação/registro separado dos dentes decíduos e permanentes e não é fácil fazer comparações com os resultados do índice CPO-D (117).

Caries Assessment Spectrum and Treatment (CAST)

O instrumento *Caries Assessment Spectrum and Treatment* (CAST) avalia a cárie em diferentes estágios de desenvolvimento (esmalte, dentina e polpa) e registra desde a ausência de lesão cariiosa, englobando dentes com selantes, dentes restaurados, lesões cariosas em esmalte e dentina e até os estágios avançados de progressão da lesão cariiosa envolvendo a polpa e os tecidos adjacentes (117). Assim, além de registrar o número de lesões presentes, esse sistema também possibilita ao usuário obter informações sobre as consequências de lesões cariosas não tratadas (117).

Um de seus principais pontos fortes é que ele se baseia nas vantagens do ICDAS e do PUFA (117). O fato de incluir também dentes cariados, restaurados e perdidos devido à cárie dentária permite que os dados sejam convertidos para o índice CPO-D, possibilitando assim, a comparação entre pesquisas que usaram este último (120). O CAST demonstrou fornecer estimativas semelhantes com o critério da OMS sobre prevalência de cárie em 419 escolares brasileiros de 6 a 11 anos (116).

1.2.2.14 Obesidade e cárie dentária – Natureza das potenciais relações

Tem havido um interesse crescente na associação entre obesidade e cárie dentária e vários estudos foram realizados tentando elucidar se existe e, caso exista, qual o tipo de relação entre elas. Entretanto, as evidências sobre a associação permanecem ambíguas (11, 103-106, 121-130). Estudos de análise de dados primários e secundários, bem como revisões sistemáticas que examinaram a relação entre ambas em jovens, produziram resultados inconclusivos. Alguns estudos sugerem que existe uma associação positiva entre cárie dentária e status de peso, ou seja, ser obeso está relacionado com maior prevalência e/ou gravidade da cárie (11, 105, 106, 121). Outros relatam associação entre baixo peso e maior prevalência e/ou gravidade da cárie (103, 104, 122). Revisões sistemáticas que investigaram a associação entre obesidade e cárie também produziram resultados conflitantes, como pode ser observado na tabela 1 (38, 123-130).

Tabela 1: Principais achados de revisões sistemáticas que avaliaram a relação entre cárie dentária e status de peso.

Autor / Ano	Tipo de dentição	Idade dos participantes	Principais achados
Angelopoulou et al. 2019	Decídua	< 6 anos	Associação positiva (obesidade e cárie)
Manohar et al. 2019	Decídua	< 6 anos	Associação positiva (obesidade e cárie)
Hooley et al. 2012	Decídua e permanente (separadamente)	< 18 anos	Associação positiva (obesidade e cárie)
Hayden et al. 2013	Decídua e permanente (separadamente)	< 18 anos	Associação positiva (obesidade e cárie - em dentes permanentes)
Silva et al. 2013	Decídua e permanente (separadamente)	6 a 18 anos	Evidência inconsistente
Chen et al. 2018	Decídua e permanente (separadamente)	< 18 anos	Evidência inconsistente
Alshihri et al. 2019	Decídua e permanente (separadamente)	< 18 anos	Evidência inconsistente
Singh et al. 2020	Decídua e permanente (separadamente)	6 meses a 19 anos	Associação positiva (desnutrição e cárie - dentes permanentes)
Tanner et al. 2022	Decídua e permanente (separadamente)	< 18 anos	Associação positiva (desnutrição e cárie - em dentes decíduos)
Aceves-Martins et al. 2022	Decídua e permanente (separadamente)	< 18 anos	Evidência inconsistente
Kantovitz et al. 2006	Decídua e permanente	Crianças e adultos	Evidência inconsistente
Li et al. 2015	Decídua e permanente	< 18 anos	Evidência inconsistente

Alshehri et al. 2019	Decídua e permanente	Crianças e adultos	Evidência inconsistente
Paisi et al. 2019	Decídua e permanente	< 18 anos	Evidência inconsistente
Silveira et al 2022	Decídua e permanente	Crianças e adolescentes	Evidência inconsistente
Sadida et al. 2022	Decídua e permanente	< 18 anos	Associação positiva (desnutrição e cárie)

Levando-se em consideração as discrepâncias observadas na literatura, é importante que mais estudos primários sejam conduzidos, com o intuito de colaborar para o estabelecimento de evidências mais robustas sobre o assunto.

1.3 OBJETIVOS DA TESE DE DOUTORADO

1.3.1 Geral

O objetivo deste estudo foi avaliar a existência de alguma relação entre obesidade e cárie em crianças brasileiras de 6 a 9 anos e crianças e jovens americanos de 2 a 5 anos e 8 a 19 anos, respectivamente.

1.3.2 Específicos

a. Determinar a prevalência e gravidade da cárie dentária em crianças de 6 a 9 anos que frequentam escolas públicas de uma região de baixa renda do Distrito Federal, Brasil;

b. Determinar a prevalência de obesidade em crianças de 6 a 9 anos que frequentam escolas públicas de uma região de baixa renda do Distrito Federal, Brasil;

c. Avaliar a distribuição de frequência de obesidade (conforme definido por três padrões internacionais) e cárie dentária em crianças americanas de 2 a 5 anos;

d. Avaliar a distribuição das medidas de adiposidade e cárie dentária em dentes permanentes em crianças e adolescentes americanos de 8 a 19 anos;

e. Avaliar a relação entre obesidade e cárie dentária em ambas as dentições em crianças de 6 a 9 anos que frequentam escolas públicas de uma região de baixa renda do Distrito Federal, Brasil;

f. Avaliar a relação entre obesidade e cárie dentária em dentes decíduos em crianças americanas de 2 a 5 anos;

g. Avaliar a relação entre medidas de adiposidade e cárie dentária em dentes permanentes em crianças e adolescentes americanos de 8 a 19 anos.

1.4 REFERÊNCIAS

1. WHO. Fact Sheet Children: Child mortality (under 5 years). Geneva: World Health Organization 2022.
2. WHO. A child or youth died once every 4.4 seconds in 2021 – UN report. Geneva: World Health Organization 2023.
3. (NCD-RisC) NRFC. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. *Lancet*. 2017;390(10113):2627-42.
4. WHO. Don't pollute my future! The impact of the environment on children's health. Geneva: World Health Organization 2017.
5. WHO. Consideration of the evidence on childhood obesity for the Commission on Ending Childhood Obesity. World Health Organization; 2016.
6. Nicolau B, Marcenes W, Allison P, Sheiham A. The life course approach: explaining the association between height and dental caries in Brazilian adolescents. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2005;33(2):93-8.
7. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. 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*. 2014;384(9945):766-81.
8. Afshin A, Forouzanfar MH, Reitsma MB, Sur P, Estep K, Lee A, et al. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. *N Engl J Med*. 2017;377(1):13-27.
9. WHO. Fact sheet: Overweight and obesity. World Health Organization; 2020.
10. Bernabe E, Marcenes W, Hernandez CR, Bailey J, Abreu LG, Alipour V, et al. Global, Regional, and National Levels and Trends in Burden of Oral Conditions from 1990 to 2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease 2017 Study. *J Dent Res*. 2020;99(4):362-73.
11. Manohar N, Hayen A, Fahey P, Arora A. Obesity and dental caries in early childhood: A systematic review and meta-analyses. *Obes Rev*. 2020;21(3):e12960.
12. Hooley M, Skouteris H, Millar L. The relationship between childhood weight, dental caries and eating practices in children aged 4-8 years in Australia, 2004-2008. *Pediatr Obes*. 2012;7(6):461-70.
13. Barrington G, Khan S, Kent K, Brennan DS, Crocombe LA, Bettiol S. Obesity, dietary sugar and dental caries in Australian adults. *Int Dent J*. 2019;69(5):383-91.
14. Lakes T, Burkart K. Childhood overweight in Berlin: intra-urban differences and underlying influencing factors. *Int J Health Geogr* **15**, 12 (2016).
15. Conrad D, Capewell S. Associations between deprivation and rates of childhood overweight and obesity in England, 2007-2010: an ecological study. *BMJ Open*. 2012;2(2):e000463.
16. Achat HM, Stubbs JM. Socio-economic and ethnic differences in the prevalence of overweight and obesity among school children. *J Paediatr Child Health*. 2014;50(10):E77-84.
17. Darmon N, Lacroix A, Muller L, Ruffieux B. Food price policies improve diet quality while increasing socioeconomic inequalities in nutrition. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2014;11:66.
18. Traverso-Yépez MA. Dilemas na promoção da saúde no Brasil: reflexões em torno da política nacional. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*. 2007;11(22):223-38.

19. WHO. The Ottawa Charter for Health Promotion. World Health Organization; 1986.
20. Obesity in Childhood and Adolescence: S.Karger AG; 2004. Available from: <https://doi.org/10.1159/isbn.978-3-318-01074-9>.
21. World Health Organization. Fact sheet: Overweight and obesity: World Health Organization; 2020 [updated 9 June 2021. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
22. Flegal KM. Defining obesity in children and adolescents: epidemiologic approaches. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 1993;33(4-5):307-12.
23. Ogden CL, Carroll MD, Kit BK, Flegal KM. Prevalence of childhood and adult obesity in the United States, 2011-2012. *Jama*. 2014;311(8):806-14.
24. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil Rio de Janeiro: IBGE; 2010 [127p.].
25. Romieu I, Dossus L, Barquera S, Blotière HM, Franks PW, Gunter M, et al. Energy balance and obesity: what are the main drivers? *Cancer Causes Control*. 2017;28(3):247-58.
26. Te Morenga L, Mallard S, Mann J. Dietary sugars and body weight: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *Bmj*. 2012;346:e7492.
27. Bucher Della Torre S, Keller A, Laure Depeyre J, Kruseman M. Sugar-Sweetened Beverages and Obesity Risk in Children and Adolescents: A Systematic Analysis on How Methodological Quality May Influence Conclusions. *J Acad Nutr Diet*. 2016;116(4):638-59.
28. Trumbo PR, Rivers CR. Systematic review of the evidence for an association between sugar-sweetened beverage consumption and risk of obesity. *Nutr Rev*. 2014;72(9):566-74.
29. Keller A, Bucher Della Torre S. Sugar-Sweetened Beverages and Obesity among Children and Adolescents: A Review of Systematic Literature Reviews. *Child Obes*. 2015;11(4):338-46.
30. Wang Y, Beydoun MA. The obesity epidemic in the United States--gender, age, socioeconomic, racial/ethnic, and geographic characteristics: a systematic review and meta-regression analysis. *Epidemiol Rev*. 2007;29:6-28.
31. Wang Y, Zhang Q. Are American children and adolescents of low socioeconomic status at increased risk of obesity? Changes in the association between overweight and family income between 1971 and 2002. *Am J Clin Nutr*. 2006;84(4):707-16.
32. Ogden CL, Lamb MM, Carroll MD, Flegal KM. Obesity and socioeconomic status in adults: United States, 2005-2008. *NCHS Data Brief*. 2010(50):1-8.
33. Wu S, Ding Y, Wu F, Li R, Hu Y, Hou J, et al. Socio-economic position as an intervention against overweight and obesity in children: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2015;5:11354.
34. Fruhstorfer BH, Mousoulis C, Uthman OA, Robertson W. Socio-economic status and overweight or obesity among school-age children in sub-Saharan Africa - a systematic review. *Clin Obes*. 2016;6(1):19-32.
35. Gibbs BG, Forste R. Socioeconomic status, infant feeding practices and early childhood obesity. *Pediatr Obes*. 2014;9(2):135-46.
36. Hu F. Obesity Epidemiology: Oxford University Press; 2008. Available from: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195312911.001.0001>.

37. Jensen NS, Camargo TF, Bergamaschi DP. Comparison of methods to measure body fat in 7-to-10-year-old children: a systematic review. *Public Health*. 2016;133:3-13.
38. Li LW, Wong HM, Peng SM, McGrath CP. Anthropometric measurements and dental caries in children: a systematic review of longitudinal studies. *Adv Nutr*. 2015;6(1):52-63.
39. Willett W, Hu F. Anthropometric measures and body composition. In: Willett W, editor. *Nutritional epidemiology*. 3rd ed. Oxford: Oxford University Press; 2015. p. 213-40.
40. Buss J. Limitations of body mass index to assess body fat. *Workplace Health Saf*. 2014;62(6):264.
41. Llorca-Colomer F, Murillo-Llorente MT, Legidos-García ME, Palau-Ferré A, Pérez-Bermejo M. Differences in Classification Standards For the Prevalence of Overweight and Obesity in Children. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Epidemiol*. 2022;14:1031-52.
42. Piovesan ÉTA, Leal SC, Bernabé E. The Relationship between Obesity and Childhood Dental Caries in the United States. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(23).
43. Martin-Calvo N, Moreno-Galarraga L, Martinez-Gonzalez MA. Association between Body Mass Index, Waist-to-Height Ratio and Adiposity in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2016;8(8).
44. Doak CM, Hoffman DJ, Norris SA, Campos Ponce M, Polman K, Griffiths PL. Is body mass index an appropriate proxy for body fat in children? *Global Food Security*. 2013;2(2):65-71.
45. Brown EC, Kilgore JL, Buchan DS, Baker JS. A criterion-referenced assessment is needed for measuring child obesity. *Res Sports Med*. 2017;25(1):108-10.
46. Logue J. Management of obesity: a National clinical guideline. NHS Quality Improvement Scotland; 2010.
47. Troiano RP, Flegal KM. Overweight children and adolescents: description, epidemiology, and demographics. *Pediatrics*. 1998;101(3 Pt 2):497-504.
48. World Health Organization. Growth reference data for 5-19 years 2022 [Available from: <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years>].
49. CDC. Percentile Data Files with LMS Values United States 2009 [Available from: https://www.cdc.gov/growthcharts/percentile_data_files.htm].
50. Wang Y, Chen H-J. Use of Percentiles and Z-Scores in Anthropometry. In: Preedy VR, editor. *Handbook of Anthropometry: Physical Measures of Human Form in Health and Disease*. New York, NY: Springer New York; 2012. p. 29-48.
51. De Onis M, Blössner M, World Health Organization. Programme of N. WHO global database on child growth and malnutrition / compiled by Mercedis de Onis and Monika Blössner. Geneva: World Health Organization; 1997.
52. Cole TJ, Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatr Obes*. 2012;7(4):284-94.
53. Kuczmarski RJ, Ogden CL, Guo SS, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Mei Z, et al. 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital Health Stat* 11. 2002(246):1-190.
54. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*. 2007;85(9):660-7.

55. Taylor RW, Jones IE, Williams SM, Goulding A. Body fat percentages measured by dual-energy X-ray absorptiometry corresponding to recently recommended body mass index cutoffs for overweight and obesity in children and adolescents aged 3-18 y. *Am J Clin Nutr.* 2002;76(6):1416-21.
56. Wells JC, Fewtrell MS. Measuring body composition. *Arch Dis Child.* 2006;91(7):612-7.
57. Cury JA, Tenuta LM. Enamel remineralization: controlling the caries disease or treating early caries lesions? *Braz Oral Res.* 2009;23 Suppl 1:23-30.
58. Health WHOECOD, World Health O. Standardization of reporting of dental diseases and conditions : report of an Expert Committee on Dental Health [meeting held in Geneva from 14 to 20 November 1961]. Geneva: World Health Organization; 1962.
59. Leal S, Hilgert L, Duarte D. *Odontologia de Mínima Intervenção: dentes funcionais por toda a vida.* 1 ed. Nova Odessa, SP, Brasil: Quintessence Publishing Brasil; 2020. 163 p.
60. Ben Zion H, Williams D, editors. *The challenge of oral disease - a call for global action* Geneva: FDI World Dental Federation; 2015 [Available from: <https://www.fdiworlddental.org/oral-health-atlas>].
61. Petersen PE, Bourgeois D, Ogawa H, Estupinan-Day S, Ndiaye C. The global burden of oral diseases and risks to oral health. *Bull World Health Organ.* 2005;83(9):661-9.
62. Pitts N, Zero D. *White Paper on Dental Caries Prevention and Management.* A summary of the current evidence and the key issues in controlling this preventable disease. Geneva, Switzerland: FDI World Dental Federation; 2016. p. 1-59.
63. Petersen PE. The World Oral Health Report 2003: continuous improvement of oral health in the 21st century--the approach of the WHO Global Oral Health Programme. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2003;31 Suppl 1:3-23.
64. Petersen PE. Improvement of global oral health--the leadership role of the World Health Organization. *Community Dent Health.* 2010;27(4):194-8.
65. Splieth CH, Christiansen J, Foster Page LA. Caries Epidemiology and Community Dentistry: Chances for Future Improvements in Caries Risk Groups. Outcomes of the ORCA Saturday Afternoon Symposium, Greifswald, 2014. Part 1. *Caries Res.* 2016;50(1):9-16.
66. Marshall TA, Eichenberger-Gilmore JM, Broffitt BA, Warren JJ, Levy SM. Dental caries and childhood obesity: roles of diet and socioeconomic status. *Community Dentistry and Oral Epidemiology.* 2007;35(6):449-58.
67. Lenčová E, Pikhart H, Broukal Z. Early childhood caries trends and surveillance shortcomings in the Czech Republic. *BMC Public Health.* 2012;12:547.
68. Dye BA, Li X, Thornton-Evans G. Oral health disparities as determined by selected healthy people 2020 oral health objectives for the United States, 2009-2010. *NCHS Data Brief.* 2012(104):1-8.
69. Dye BA, Tan S, Smith V, Lewis BG, Barker LK, Thornton-Evans G, et al. Trends in oral health status: United States, 1988-1994 and 1999-2004. *Vital Health Stat 11.* 2007(248):1-92.
70. Dye BA, Shenkin JD, Ogden CL, Marshall TA, Levy SM, Kanellis MJ. The relationship between healthful eating practices and dental caries in children aged 2-5 years in the United States, 1988-1994. *J Am Dent Assoc.* 2004;135(1):55-66.
71. Dye BA, Thornton-Evans G, Li X, Iafolla TJ. Dental caries and sealant prevalence in children and adolescents in the United States, 2011-2012. *NCHS Data Brief.* 2015(191):1-8.

72. Valencia-Rojas N, Lawrence HP, Goodman D. Prevalence of early childhood caries in a population of children with history of maltreatment. *J Public Health Dent.* 2008;68(2):94-101.
73. National Institute of Health. *Oral Health in America: Advances and Challenges.* Bethesda, MD: US Department of Health and Human Services, National Institutes of Health, National Institute of Dental and Craniofacial Research; 2021.
74. Saúde Md. Projeto SB Brasil 2003 : condições de saúde bucal da população brasileira 2002- 2003 : resultados principais In: Secretaria de Atenção à Saúde DdAB, editor. 1ª edição ed. Brasília, Brasil: Ministério da Saúde (BR); 2004.
75. Saúde Md. SB Brasil 2010: Pesquisa Nacional de Saúde Bucal: resultados principais. In: Saúde. SdAàSSdVe, editor. 1ª edição ed. Brasília, Brasil: Ministério da Saúde (BR); 2012.
76. Saúde Md. Pesquisa Nacional de Saúde Bucal. SB Brasil Vigência 2021-2022: Resultados preliminares. 2022 [Available from: https://egestorab.saude.gov.br/image/file=20221216_I_mod2resultadospreliminaresBrasiliamonsitecompressed_288277690346345359.pdf].
77. Crescente LG, Gehrke GH, Santos CMD. [Changes in the prevalence of decayed permanent teeth in Brazil and upper-middle income countries in the years 1990 and 2017]. *Cien Saude Colet.* 2022;27(3):1181-90.
78. Akinbami LJ, Chen TC, Davy O, Ogden CL, Fink S, Clark J, et al. National Health and Nutrition Examination Survey, 2017-March 2020 Prepandemic File: Sample Design, Estimation, and Analytic Guidelines. *Vital Health Stat 1.* 2022(190):1-36.
79. Cameron AC, Widmer RP. *Handbook of pediatric dentistry: Elsevier Health Sciences;* 2013.
80. Gupta P, Gupta N, Pawar AP, Birajdar SS, Natt AS, Singh HP. Role of sugar and sugar substitutes in dental caries: a review. *ISRN Dent.* 2013;2013:519421.
81. Agim B, Merita B, Shefqet M, Blerta Xhemajli L, Prokshi, Haliti, et al. Early Childhood Caries (ECC) — Etiology, Clinical Consequences and Prevention. In: Mandeep Singh V, editor. *Emerging Trends in Oral Health Sciences and Dentistry.* Rijeka: IntechOpen; 2015. p. Ch. 2.
82. Colak H, Dülgergil CT, Dalli M, Hamidi MM. Early childhood caries update: A review of causes, diagnoses, and treatments. *J Nat Sci Biol Med.* 2013;4(1):29-38.
83. Touger-Decker R, van Loveren C. Sugars and dental caries. *Am J Clin Nutr.* 2003;78(4):881s-92s.
84. Aas JA, Griffen AL, Dardis SR, Lee AM, Olsen I, Dewhirst FE, et al. Bacteria of dental caries in primary and permanent teeth in children and young adults. *J Clin Microbiol.* 2008;46(4):1407-17.
85. Chokshi A, Mahesh P, Sharada P, Chokshi K, Anupriya S, Ashwini BK. A correlative study of the levels of salivary *Streptococcus mutans*, lactobacilli and *Actinomyces* with dental caries experience in subjects with mixed and permanent dentition. *J Oral Maxillofac Pathol.* 2016;20(1):25-8.
86. Alosaimi N, Bernabé E. Amount and Frequency of Added Sugars Intake and Their Associations with Dental Caries in United States Adults. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(8).
87. Bernabé E, Ballantyne H, Longbottom C, Pitts NB. Early Introduction of Sugar-Sweetened Beverages and Caries Trajectories from Age 12 to 48 Months. *J Dent Res.* 2020;99(8):898-906.

88. FDI policy statement on dietary free sugars and dental caries: Adopted by the FDI General Assembly: 24 September 2015, Bangkok, Thailand. *Int Dent J*. 2016;66(1):9-10.
89. Marshall TA, Levy SM, Broffitt B, Warren JJ, Eichenberger-Gilmore JM, Burns TL, et al. Dental caries and beverage consumption in young children. *Pediatrics*. 2003;112(3 Pt 1):e184-91.
90. Ismail AI, Burt BA, Eklund SA. The cariogenicity of soft drinks in the United States. *J Am Dent Assoc*. 1984;109(2):241-5.
91. Costa LR, Vettore MV, Quadros LN, Rebelo Vieira JM, Herkrath A, Queiroz AC, et al. Socio-economic status, psychosocial factors, health behaviours and incidence of dental caries in 12-year-old children living in deprived communities in Manaus, Brazil. *J Dent*. 2023;133:104504.
92. England PH. National Dental Epidemiology Programme for England: Oral health survey of 5-year-olds 2019 - A report on the variations in prevalence and severity of dental decay. London 2020.
93. Santamaria RM, Basner R, Schüller E, Splieth CH. Inequalities in dental caries experience among 6-year-old German children after the caries decline. *Acta Odontol Scand*. 2015;73(4):285-91.
94. Araújo C, Lima R, Peres M, J D Barros A. Use of dental services and associated factors: A population-based study in southern Brazil. *Cadernos de saúde pública / Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública*. 2009;25:1063-72.
95. Christensen LB, Twetman S, Sundby A. Oral health in children and adolescents with different socio-cultural and socio-economic backgrounds. *Acta Odontol Scand*. 2010;68(1):34-42.
96. Al Agili DE, Alaki SM. Can Socioeconomic status indicators predict caries risk in schoolchildren in Saudi Arabia? a cross-sectional study. *Oral Health Prev Dent*. 2014;12(3):277-88.
97. Carta G, Cagetti MG, Sale S, Congiu G, Strohmenger L, Oleari F, et al. Oral health inequalities in Italian schoolchildren--a cross-sectional evaluation. *Community Dent Health*. 2014;31(2):123-8.
98. Sankeshwari RM, Ankola AV, Tangade PS, Hebbal MI. Association of socio-economic status and dietary habits with early childhood caries among 3- to 5-year-old children of Belgaum city. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2013;14(3):147-53.
99. Moreira PV, Rosenblatt A, Severo AM. Prevalence of dental caries in obese and normal-weight Brazilian adolescents attending state and private schools. *Community Dent Health*. 2006;23(4):251-3.
100. Jerkovic K, Binnekade JM, van der Kruk JJ, van der Most JA, Talsma AC, van der Schans CP. Differences in oral health behaviour between children from high and children from low SES schools in The Netherlands. *Community Dent Health*. 2009;26(2):110-5.
101. Darmon N, Drewnowski A. Does social class predict diet quality? *Am J Clin Nutr*. 87. United States 2008. p. 1107-17.
102. Acs G, Lodolini G, Kaminsky S, Cisneros GJ. Effect of nursing caries on body weight in a pediatric population. *Pediatr Dent*. 1992;14(5):302-5.
103. Tanner L, Craig D, Holmes R, Catinella L, Moynihan P. Does Dental Caries Increase Risk of Undernutrition in Children? *JDR Clin Trans Res*. 2022;7(2):104-17.
104. Singh A, Purohit BM. Malnutrition and Its Association with Dental Caries in the Primary and Permanent Dentition: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pediatr Dent*. 2020;42(6):418-26.

105. Angelopoulou MV, Beinlich M, Crain A. Early Childhood Caries and Weight Status: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pediatr Dent*. 2019;41(4):261-72.
106. Hayden C, Bowler JO, Chambers S, Freeman R, Humphris G, Richards D, et al. Obesity and dental caries in children: a systematic review and meta-analysis. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2013;41(4):289-308.
107. Meyer BD, Wang R, Steiner MJ, Preisser JS. The Effect of Physician Oral Health Services on Dental Use and Expenditures under General Anesthesia. *JDR Clin Trans Res*. 2020;5(2):146-55.
108. Listl S, Galloway J, Mossey PA, Marcenes W. Global Economic Impact of Dental Diseases. *J Dent Res*. 2015;94(10):1355-61.
109. Frencken JE, Peters MC, Manton DJ, Leal SC, Gordan VV, Eden E. Minimal intervention dentistry for managing dental caries - a review: report of a FDI task group. *Int Dent J*. 2012;62(5):223-43.
110. Leal S, Nyvad B. The Assessment of Carious Lesion Activity and Caries Risk. 2016. p. 41-56.
111. Abogazalah N, Ando M. Alternative methods to visual and radiographic examinations for approximal caries detection. *J Oral Sci*. 2017;59(3):315-22.
112. Pitts NB, Stamm JW. International Consensus Workshop on Caries Clinical Trials (ICW-CCT)--final consensus statements: agreeing where the evidence leads. *J Dent Res*. 2004;83 Spec No C:C125-8.
113. Petersen PE, Baez RJ, World Health O. Oral health surveys: basic methods. 5th ed. Geneva: World Health Organization; 2013 2013.
114. Monse B, Heinrich-Weltzien R, Benzian H, Holmgren C, van Palenstein Helder W. PUFA--an index of clinical consequences of untreated dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2010;38(1):77-82.
115. de Souza AL, Leal SC, Bronkhorst EM, Frencken JE. Assessing caries status according to the CAST instrument and WHO criterion in epidemiological studies. *BMC Oral Health*. 2014;14:119.
116. Ribeiro APD, Maciel IP, de Souza Hilgert AL, Bronkhorst EM, Frencken JE, Leal SC. Caries assessment spectrum treatment: the severity score. *Int Dent J*. 2018;68(2):84-90.
117. Frencken JE, de Amorim RG, Faber J, Leal SC. The Caries Assessment Spectrum and Treatment (CAST) index: rational and development. *Int Dent J*. 2011;61(3):117-23.
118. Shivakumar K, Prasad S, Chandu G. International Caries Detection and Assessment System: A new paradigm in detection of dental caries. *J Conserv Dent*. 2009;12(1):10-6.
119. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet*. 2007;369(9555):51-9.
120. Frencken JE, de Souza AL, van der Sanden WJ, Bronkhorst EM, Leal SC. The Caries Assessment and Treatment (CAST) instrument. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2013;41(1):e71-7.
121. Hooley M, Skouteris H, Boganin C, Satur J, Kilpatrick N. Body mass index and dental caries in children and adolescents: a systematic review of literature published 2004 to 2011. *Syst Rev*. 2012;1:57.
122. Sadida ZJ, Indriyanti R, Setiawan AS. Does Growth Stunting Correlate with Oral Health in Children?: A Systematic Review. *Eur J Dent*. 2022;16(1):32-40.
123. Chen D, Zhi Q, Zhou Y, Tao Y, Wu L, Lin H. Association between Dental Caries and BMI in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Caries Res*. 2018;52(3):230-45.

124. Paisi M, Kay E, Bennett C, Kaimi I, Witton R, Nelder R, et al. Body mass index and dental caries in young people: a systematic review. *BMC Pediatr.* 2019;19(1):122.
125. Silva AE, Menezes AM, Demarco FF, Vargas-Ferreira F, Peres MA. Obesity and dental caries: systematic review. *Rev Saude Publica.* 2013;47(4):799-812.
126. Kantovitz KR, Pascon FM, Rontani RM, Gavião MB. Obesity and dental caries--A systematic review. *Oral Health Prev Dent.* 2006;4(2):137-44.
127. Aceves-Martins M, Godina-Flores NL, Gutierrez-Gómez YY, Richards D, López-Cruz L, García-Botello M, et al. Obesity and oral health in Mexican children and adolescents: systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev.* 2022;80(6):1694-710.
128. Alshehri YFA, Park JS, Kruger E, Tennant M. Association between body mass index and dental caries in the Kingdom of Saudi Arabia: Systematic review. *Saudi Dent J.* 2020;32(4):171-80.
129. Alshihri AA, Rogers HJ, Alqahtani MA, Aldossary MS. Association between Dental Caries and Obesity in Children and Young People: A Narrative Review. *Int J Dent.* 2019;2019:9105759.
130. Silveira MG, Schneider BC, Tillmann TF, Silva AE. Excess Weight and Dental Caries throughout Childhood and Adolescence: Systematic Review of Longitudinal Studies. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2022;15(6):691-8.

2 DENTAL CARIES AND BODY MASS INDEX Z-SCORE IN BRAZILIAN UNDERPRIVILEGED SCHOOLCHILDREN

ABSTRACT

Aim: To identify the relationship between BMI z-score (ZBMI) and dental caries among underprivileged schoolchildren from the Federal District, Brazil. **Methods:** A cross-sectional study that included schoolchildren from grades 1 to 3 aged 6 to 9 years from public schools of two highly deprived communities was carried out. Sociodemographic information was collected in a face-to-face interview with parents, while dental examination and anthropometric measurements were conducted by two calibrated dentists, respectively. The Caries Assessment Spectrum and Treatment instrument was used to register dental caries, while body measurement was evaluated using the child's weight and height. The association between dental caries metrics and ZBMI score was evaluated in crude and adjusted linear regression models and the association between dental caries metrics and ZBMI categories was evaluated in crude and adjusted logistic regression models. **Results:** A total of 493 children with 8.13 yrs-old (± 0.93) were assessed. The mean ZBMI score was 0.35 (SD: 1.29) and the mean DMFT and dmft were 0.20 (SD: 0.59) and 2.08 (SD: 2.54), respectively. Overall, 61.5% of the children had caries experience and 52.5% of them, untreated dental caries (cavitated dentine lesions). Moreover, 17.0% were classified as overweight, 8.9% as obese, and 2.8% as severe obese. Only the BMI Z-score obesity category was associated with the prevalence of untreated caries, and none of the different indicators of dental caries metrics, including caries prevalence and severity were associated with children's ZBMI score in either crude or adjusted models. **Conclusion:** This study found no significant association between BMI Z-score and dental caries among underprivileged Brazilian schoolchildren.

Keywords: Oral health, dental caries, body weight, cross-sectional studies, childhood

INTRODUCTION

The double burden of malnutrition, defined as the simultaneous manifestation of both undernutrition and overweight/obesity, affects most low- and middle-income countries (1). This double burden is often associated with the nutrition transition or the progression away from the local traditional diet towards a Westernized diet with low nutritional density (2). Coexisting with undernutrition, a global epidemic of overweight and obesity in childhood and adolescence has been increasing rapidly and is associated with adverse health consequences throughout the life-course (3). The worldwide global prevalence of overweight and obesity has nearly tripled from 1975 to 2016. This prevalence among children and adolescents aged 5-19 years has risen from just 4% in 1975 to just over 18% in 2016, resulting in over 340 million children and adolescents being overweight or obese (3, 4). Globally more people are obese than underweight – this occurs in every region of the world except parts of sub-Saharan Africa and Asia (3). National data from Brazil showed that 33.5% of 5-9-year-old children were overweight (5) and 12% were obese in the 2010s decade (6).

Dental caries and childhood obesity are common chronic conditions among children worldwide (7, 8). Whether and how both conditions are related is still a matter of debate, given that they both share common risk factors. This is a growing area of research, with 16 systematic reviews published since 2006, with most primary studies using a cross-sectional design (9-22). Of the 16 reviews, 12 assessed the association between obesity and dental caries, two reviews evaluated the association with undernutrition, one of them its association with both undernutrition and overweight/obesity, and in one review dental caries was the exposure instead of the outcome. A positive association between caries and obese children was reported in four reviews (9-12), and between caries and underweight children was reported in three reviews (13-15), whilst only one review found no association between dental caries and body mass index (BMI), (16) and eight did not find sufficient evidence regarding the association (17-24). There was significant heterogeneity among primary studies, namely in terms of sample size, target age groups (under 6, 6 to 12, 12, and under 18 years old), measurement of dental caries experience (WHO criteria or the International Caries Detection and Assessment System criteria), measures of BMI (mean BMI, BMI z-score, BMI percentile for age, and weight-for-height z-score), and adjustment for relevant confounders (demographic indicators, diet and hygiene

factors). Amongst the 16 reviews, two assessed only the primary dentition (9, 10), and the remaining reviews investigated both dentitions varying between separate and mixed assessments. Twelve of the aforementioned reviews searched the evidence regarding caries prevalence in both children and adolescents (under 18 years of age), one in children and adolescents ranging in age from six months to 19 years, two reviews in children and adults, and two reviews searching evidence solely for early childhood (6 years of age and younger). Only three reviews assessed caries severity, which highlights a need to focus on evidence in specific age groups and caries prevalence, as well as the severity of dental caries. The balance of evidence among the reviews that found a positive association between dental caries and weight suggests that dental caries in the primary dentition is associated with undernutrition and that dental caries in the permanent dentition could be associated with obesity. However, contradictory findings indicate that there is still a need for more well-designed primary studies in order to establish the type of relationship that exists between dental caries and overweight/obesity in children. Therefore, this study aims to identify if there is a relationship between BMI Z-score, which classifies different degrees of weight status in children and adolescents, and dental caries among underprivileged Brazilian schoolchildren aged 6-9-years-old.

METHODS

This cross-sectional study was approved by the Research Ethics Committee of the *Fundação de Ensino e Pesquisa em Ciências da Saúde* of the Federal District, Brazil (FEPECS/SES/DF# 3.066.168) and supported by both local Education and Health Secretaries. Parents signed a consent form, and the children signed an assent form agreeing with their participation in the study.

Baseline data was collected using a survey methodology. For the baseline survey, a minimum sample size ($n=534$) was calculated to report descriptive outcomes of interest (e.g., dental health outcomes) with 95% confidence interval (95% CI) with an 6% error margin (standard error = 3%) at two levels of breakdown in explanatory variables.

Two public schools serving small communities experiencing high levels of social deprivation, Estrutural and Sol Nascente, were purposely selected. For ethical

reasons, all schoolchildren enrolled in years 1-3 in the two schools were invited to participate, but only those aged 6-9-year-old were included in the data analysis. The school headteachers sent invitation letters and consent forms to parents in pupils' schoolbags. After collecting the signed consent forms, parents were invited to visit the school for an interview and bring their children with them to the clinical examination. This strategy was adopted as, while the study was being carried out (from August 2021 to June 2022), on-site activities in schools were interrupted due to the COVID-19 pandemic. Reminders were sent weekly for the following two weeks to those parents who did not respond. The response rate was 60%.

Data were collected at school premisses through interviews with parents and clinical examinations of schoolchildren (body measurement and oral health examination). Data were captured using electronic forms specifically designed for the study. The research team (interviewers, clinical examiners, and scribes) received specific examination protocols for training purposes and were trained in workshops to discuss the operationalization of the work stages and the attributions of each participant and to ensure an acceptable degree of uniformity in the procedures. All the research team followed the guidelines for prevention of cross-infection during the examinations (25).

Seven interviewers (AMSD, CDPVR, IQDQ, JBA, LBA, MVSS, PAAK) carried out interviews with parents using a structured questionnaire to gather information on parental and child demographic characteristics and family socioeconomic status (monthly family income). For intra and inter-examiner reliability assessment, duplicated interviews on 31 and 38 children were carried out, respectively, by a gold standard examiner (ENL). One dentist (IPM) and one examiner (ETAP) conducted all dental examinations and anthropometric measurements (weight and height) of the children, respectively.

Previously to the beginning of the study, both examiners were trained and calibrated as follow: for the dental examination, a specialist in paediatric dentistry was trained and calibrated in applying the CAST (Caries Assessment and Spectrum Treatment) instrument for dental caries detection (26). Initially, the examiner attended theoretical lectures about the instrument given by an expert (SCL). Following the training, a calibration exercise was carried out using clinical images of teeth presenting different conditions aiming to determine the examiner level of agreement in registering dental caries. In the sequence, children at the same age of those who would participate in the

study were examined. The calibration was considered concluded when good levels of inter-examiner agreement were obtained. For the anthropometric measurement, an anthropometric evaluation protocol in children from 6 to 9 years old was created for the study. The examiner was trained in measuring the weight and height by examining children at the same age as those who would participate in the study, and once again the calibration was considered concluded when good levels of agreement were obtained.

The examinations were performed in two different rooms in each school with good natural light. For the dental examination, a tabletop light, a CPI probe, and a plain mouth mirror were used. After the child being positioned on a stretcher, the dentist used a toothbrush, which was donated to the child, without toothpaste for removal of debris before examining the teeth. Tooth surfaces were not air-dried but excess of saliva was removed with gauze when needed. Dental caries was recorded by tooth using the CAST instrument (26), which is structured in a hierarchical way as follow: CAST 0 = sound; CAST 1 = sealant; CAST 2 = restoration; CAST 3 = enamel caries lesion; CAST 4 = caries-related discoloration in dentine, localized enamel breakdown may or may not be present; CAST 5 = distinct cavitation into dentine and the pulp chamber is intact; CAST 6 = pulp involvement; CAST 7 = abscess or fistula; CAST 8 = tooth extracted due to caries. Moreover, following the healthy/diseased epidemiological approach, according to the CAST instrument, a dentition can be characterised, on the basis of the maximum CAST score per subject, in one of the following stages: healthy (CAST 0 to 2); pre-morbidity (CAST 3); morbidity (CAST 4 and 5); severe morbidity (CAST 6 and 7); and mortality (CAST 8) and it can be converted into DMF/dmf index (26). For reliability assessment, parallel measurements on 24 children (including 768 teeth) were carried out by the single examiner during the survey.

For the anthropometric measurement, the examiner used a calibrated, high-quality digital scale (Model HBF-514, Omron, Japan) to measure children's weight without shoes or heavy outer clothing. A portable stadiometer measured in 0.1 cm increments (Model AVA-305, Avanutri, Brazil) was used to measure children's height (27-29). All body measurements were taken in duplicate. If they were within 0.1 kilograms and 1 cm, the average of both measurements was recorded; if not, the children were remeasured until this standard was met. For reliability assessment, parallel

measurements on 21 children were carried out by the single examiner during the survey.

Data analysis

Data entry, manipulation, and analysis were carried out in IBM SPSS Statistics for Macintosh, Version 27 (SPSS Inc., Armonk, NY). Considering age (6 to 9 years old) as the inclusion criterion for data analysis, 543 participants who fulfilled requirement were included. Of this total, 493 presented completed parental questionnaires, children's dental examinations, and anthropometric assessment, and formed the final sample. The completion rate and kappa values were calculated.

The body mass index for sex and age z-score was used to determine the nutritional status of children (30). The 2007 WHO Growth reference data for 5-19 years were used in this estimation (31). Based on this score, children were classified as: severe underweight with Z-scores < -2 , underweight/normal weight with Z-scores between -2 and $+0.99$, overweight from 1 to 1.99, obese from 2 to 2.99, and very obese ≥ 3 (32). Twelve dental indicators were estimated (taking into account primary teeth, permanent teeth and both dentitions): caries experience (dmft/DMFT) according to the WHO criteria cavitated dentine caries threshold; untreated dental caries (dt/DT) (33); CAST severe morbidity stage (CAST 6 and 7); and finally, all healthy/diseased stages (healthy; pre-morbidity; morbidity; severe morbidity; and mortality). CAST scores were converted into dmft/DMFT according to de Souza et al. (2014) (34). Monthly family income data was categorised in less than 1, 1 to 1.9, and 2 or more Brazilian minimum wages.

Following data manipulation, descriptive data analysis was carried out. Frequency distributions were generated. To assess the impact of missing data, participants included in the study sample were compared to those excluded due to missing data on demographic and clinical data using the Chi-square test for categorical variables and Student's t-test for numerical variables. Also, demographic data of the final sample was compared with census data. Next, the response rate, intra- and inter-examiner agreement were estimated. The association between dental health metrics and ZBMI score was evaluated in crude and adjusted linear regression models as the outcome measure was a normally distributed continuous variable. The adjusted regression model included controls for child demographic factors (sex and age in months) and family socioeconomic circumstances (monthly family income). The same pair of crude

and adjusted models were presented to test the association of each category of ZBMI with the prevalence of untreated caries, lifetime caries prevalence and severe caries using logistic regression. Odds ratios (ORs) were thus reported. Twelve separate set of regression models were reported; that is, one for each dental health metric.

RESULTS

The kappa values for the anthropometric and dental examination were 0.99 (weight), 0.99 (height), 0.84 (dental caries in primary teeth) and 1 (dental caries in permanent teeth).

There were no sociodemographic or clinical differences (body measurements and dental examination) between children included in the study and those excluded due to missing data on relevant variables.

The characteristics of the study sample (n=493) are shown in Table 1. The mean ZBMI score was 0.35 (SD: 1.29). According to the BMI Z-score, the majority of the children (342) were classified as underweight/normal weight (69.4%). Considering both dentitions, 61.5% of the children had caries experience (CAST codes 2, 5-8), 52.5% had untreated dental caries (CAST codes 5-7) and 20.3% were allocated in the severe morbidity stage (CAST codes 6-7). Overall, the most common maximum CAST score per child observed was those that comprise the morbidity stage (codes 4-5), with a frequency of 29.8%. By dentition, the severity of dental caries was much higher in deciduous teeth than in permanent ones.

Table 1. Characteristics of the study sample (n=493)

	n or mean	% or [SD]
<i>Sex</i>		
Boys	261	52.9
Girls	232	47.1
<i>Age in months</i>	97.5	11.1
<i>Monthly family income</i>		
<1 minimum wage	157	31.8
1-1.9 minimum wages	191	38.7
2+ minimum wages	145	29.4

BMI Z-score categories

Severe underweight	9	1.8
Underweight/Normal weight	342	69.4
Overweight	84	17.0
Obesity	44	8.9
Severe obesity	14	2.8

DMFT/dmft

Primary teeth	2.08	2.54
Permanent teeth	0.20	0.59
Both dentitions	2.26	2.70

Untreated caries

Primary teeth	247	50.4
Permanent teeth	51	10.4
Both dentitions	259	52.5

Caries experience

Primary teeth	289	59.0
Permanent teeth	65	13.3
Both dentitions	303	61.5

Severe caries

Primary teeth	100	20.4
Permanent teeth	1	0.2
Both dentitions	100	20.3

CAST maximum score in primary teeth

Healthy	199	40.6
Pre morbidity	16	3.3
Morbidity	137	28.0
Severe morbidity	81	16.5
Mortality	57	11.6

CAST maximum score in permanent teeth

Healthy	375	76.7
Pre morbidity	59	12.1
Morbidity	53	10.8
Severe morbidity	1	0.2
Mortality	1	0.2

CAST maximum score in both dentitions

Healthy	176	35.7
Pre morbidity	31	6.3
Morbidity	147	29.8
Severe morbidity	81	16.4
Mortality	58	11.8

None of the different indicators of caries prevalence or severity was associated with children's ZBMI score in either crude or adjusted models (Tables 2 and 3 respectively). Most associations were negative, suggesting that having untreated caries, caries experience, severe morbidity or a higher maximum CAST scores were associated, albeit not significantly, with lower ZBMI scores among children. After adjustment for confounders, children with untreated caries (Coefficient: -0.06, 95% CI: -0.29 to 0.17) had lower ZBMI score whereas children with caries experience (0.01; 95% CI: -0.24 to 0.23) and severe morbidity (0.05; 95% CI: -0.23 to 0.32) had higher ZBMI score than those without such conditions. Children with a maximum CAST score at the pre-morbidity (0.32; 95% CI: -0.18 to 0.82), severe morbidity (0.05; 95% CI: -0.29 to 0.39) and mortality stages (0.07; 95% CI: -0.32 to 0.46) had higher ZBMI score whereas children with a maximum CAST score at the morbidity stage had lower ZBMI score (-0.06; 95% CI: -0.34 to 0.23) than caries free children (CAST code 0).

Table 2. Child ZBMI score by sociodemographic factors and multiple caries indicators (n=493)

	Mean (SD)	Coef. ^a [95% CI]	p value
<i>Sex</i>			
Boys	0.40 (1.35)	0.00 [Reference]	
Girls	0.29 (1.22)	-0.11 [-0.34, 0.12]	0.348
<i>Age in months</i>	- -	0.001 [-0.01, 0.01]	0.781
<i>Monthly family income</i>			
<1 minimum wage	0.32 (1.21)	0.00 [Reference]	
1-1.9 minimum wages	0.34 (1.40)	0.02 [-0.25, 0.30]	0.873
2+ minimum wages	0.39 (1.25)	0.07 [-0.22, 0.36]	0.649
<i>Untreated caries in primary teeth</i>			
No	0.38 (1.45)	0.00 [Reference]	
Yes	0.33 (1.13)	-0.06 [-0.29, 0.17]	0.633

Untreated caries in permanent teeth

No	0.35 (1.29)	0.00 [Reference]	
Yes	0.29 (1.40)	-0.06 [-0.44, 0.31]	0.739

Untreated caries in both dentitions

No	0.38 (1.43)	0.00 [Reference]	
Yes	0.32 (1.16)	-0.06 [-0.29, 0.17]	0.602

Caries experience in primary teeth

No	0.36 (1.47)	0.00 [Reference]	
Yes	0.35 (1.17)	-0.01 [-0.24, 0.22]	0.930

Caries experience in permanent teeth

No	0.35 (1.30)	0.00 [Reference]	
Yes	0.30 (1.33)	-0.05 [-0.39, 0.29]	0.765

Caries experience in both dentitions

No	0.35 (1.45)	0.00 [Reference]	
Yes	0.34 (1.19)	-0.01 [-0.24, 0.23]	0.939

Severe caries in primary teeth

No	0.34 (1.33)	0.00 [Reference]	
Yes	0.39 (1.15)	0.04 [-0.24, 0.32]	0.760

Severe caries in both dentitions

No	0.34 (1.33)	0.00 [Reference]	
Yes	0.39 (1.15)	0.05 [-0.23, 0.33]	0.717

CAST maximum score in primary teeth

Healthy	0.37 (1.47)	0.00 [Reference]	
Pre-morbidity	0.58 (1.26)	0.20 [-0.45, 0.86]	0.544
Morbidity	0.27 (1.17)	-0.10 [-0.38, 0.18]	0.478
Severe morbidity	0.38 (1.15)	0.01 [-0.33, 0.34]	0.973
Mortality	0.40 (1.15)	0.03 [-0.35, 0.41]	0.889

CAST maximum score in permanent teeth

Healthy	0.32 (1.34)	0.00 [Reference]	
Pre morbidity	0.55 (0.97)	0.23 [-0.12, 0.59]	0.201
Morbidity-to-Mortality	0.33 (1.38)	0.01 [-0.35, 0.36]	0.969

CAST maximum score in both dentitions

Healthy	0.33 (1.48)	0.00 [Reference]	
Pre-morbidity	0.65 (1.16)	0.32 [-0.17, 0.81]	0.201
Morbidity	0.26 (1.21)	-0.07 [-0.35, 0.22]	0.653

Severe morbidity	0.38 (1.15)	0.05 [-0.29, 0.39]	0.781
Mortality	0.41 (1.14)	0.08 [-0.30, 0.46]	0.678

Few children had severe caries in permanent teeth (n=1). Therefore, reliable estimates could not be computed.

^a Linear regression was fitted. Regression coefficients [Coef.] were thus reported, which represent the difference in ZBMI score between children with and without dental caries.

Table 3. Associations between different indicators of dental caries and child BMI Z-score (n=493)

Caries indicator	Coef.^a	[95% CI]	p value
<i>Untreated caries in primary teeth</i>			
No	0.00	[Reference]	
Yes	-0.05	[-0.28, 0.18]	0.660
<i>Untreated caries in permanent teeth</i>			
No	0.00	[Reference]	
Yes	-0.08	[-0.46, 0.30]	0.682
<i>Untreated caries in both dentitions</i>			
No	0.00	[Reference]	
Yes	-0.06	[-0.29, 0.17]	0.627
<i>Caries experience in primary teeth</i>			
No	0.00	[Reference]	
Yes	0.01	[-0.24, 0.23]	0.958
<i>Caries experience in permanent teeth</i>			
No	0.00	[Reference]	
Yes	-0.07	[-0.41, 0.27]	0.694
<i>Caries experience in both dentitions</i>			
No	0.00	[Reference]	
Yes	0.01	[-0.24, 0.23]	0.968
<i>Severe caries in primary teeth</i>			
No	0.00	[Reference]	
Yes	0.04	[-0.24, 0.32]	0.787
<i>Severe caries in both dentitions</i>			
No	0.00	[Reference]	
Yes	0.05	[-0.23, 0.32]	0.753
<i>CAST maximum score in primary teeth</i>			
Healthy	0.00	[Reference]	
Pre-morbidity	0.20	[-0.46, 0.86]	0.560

Morbidity	-0.09	[-0.38, 0.19]	0.517
Severe morbidity	0.01	[-0.33, 0.34]	0.964
Mortality	0.01	[-0.38, 0.39]	0.969
<i>CAST maximum score in permanent teeth</i>			
Healthy	0.00	[Reference]	
Pre-morbidity	0.23	[-0.13, 0.60]	0.210
Morbidity-to-Mortality	-0.001	[-0.36, 0.36]	0.994
<i>CAST maximum score in both dentitions</i>			
Healthy	0.00	[Reference]	
Pre-morbidity	0.32	[-0.18, 0.82]	0.207
Morbidity	-0.06	[-0.34, 0.23]	0.707
Severe morbidity	0.05	[-0.29, 0.39]	0.781
Mortality	0.07	[-0.32, 0.46]	0.724

Few children had severe caries in permanent teeth (n=1). Therefore, reliable estimates could not be computed.

^a Linear regression was fitted. Adjusted regression coefficients (Coef.) were thus reported, which represent the difference in ZBMI score between children with and without dental caries after controlling for child sex and age (in months) and monthly family income.

Table 4 shows the association of child BMI Z-score categories with the prevalence of multiple caries indicators (untreated caries, caries experience and severe caries). Obesity was associated with the prevalence of untreated caries in both crude and adjusted models (Odds Ratio: 0.50, 95%CI: 0.26-0.96 and OR: 0.51, 95%CI: 0.26-0.96). Severe obesity was associated with the caries experience prevalence in the crude model (OR: 0.32, 95%CI: 0.11-0.99). However, this association was attenuated after adjustment for confounders (OR: 0.35, 95% CI: 0.11-1.07).

Table 4. Models for the association of child BMI Z-score categories with the prevalence of multiple caries indicators (n=493)

	n	%	COR [95% CI]	AOR [95% CI]
Outcome: Untreated caries in both dentitions				
Underweight/normal weight	190	55.56	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	47	55.95	1.02 [0.63-1.64]	1.01 [0.62-1.64]
Obesity	17	38.64	0.50 [0.26-0.96]*	0.51 [0.26-0.96]*
Severe Obesity	4	28.57	0.32 [0.10-1.04]	0.32 [0.10-1.07]
Severe underweight	2	22.22	0.23 [0.05-1.12]	0.21 [0.04-1.02]
Outcome: Caries experience in both dentitions				
Underweight/normal weight	216	63.16	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	58	69.05	1.30 [0.78-2.17]	1.28 [0.76-2.14]
Obesity	22	50.00	0.58 [0.31-1.10]	0.57 [0.30-1.08]
Severe Obesity	5	35.71	0.32 [0.11-0.99]*	0.35 [0.11-1.07]

Severe underweight	3	33.33	0.29 [0.72-1.19]	0.28 [0.07-1.15]
Outcome: Severe caries in both dentitions				
Underweight/normal weight	81	23.68	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	14	16.67	0.64 [0.34-1.20]	0.65 [0.34-1.21]
Obesity	8	18.18	0.72 [0.32-1.60]	0.72 [0.32-1.61]
Severe Obesity	2	14.29	0.54 [0.12-2.45]	0.50 [0.11-2.32]
Severe underweight	1	11.11	0.40 [0.05-3.27]	0.38 [0.05-3.11]

COR: crude odds ratio; AOR: adjusted odds ratio.

^a Estimates correspond to odds ratios from logistic regression models. AOR estimates were adjusted for child sex and age (in months) and monthly family income.

* $p < 0.05$

DISCUSSION

The nutritional status of the population has changed and obesity has increased significantly globally in the last decades (3). As both dental caries and obesity share common risk factors, there is a great interest in determining the association between the two problems, but up to date, it was not possible to establish if there is and what type of relationship exists between them. Overall, the results of the present investigation indicate that there is no association between ZBMI scores and dental caries in underprivileged children, except for the BMI Z-score obesity category.

It is important to highlight that the findings varied depending on how obesity and dental caries were defined. For example, an association was found when obesity was defined using the ZBMI categories but not using the ZBMI score and when dental caries was defined using indicators of current untreated caries lesions, but not when defined using cumulative indicators. This is accordance with a previous study that showed that the use of different standards to define obesity and thresholds to define dental caries can affect the magnitude of the association between both conditions (35).

The public schools in which this study was carried out are located in communities that are characterised by extreme poverty, and high levels of social and material deprivation (36, 37), which justifies the low monthly family income reported herein. These communities were conveniently selected for precisely presenting this characteristic once, despite the undeniable role of genetic endowment in the life course, it is known that poor living conditions affect health throughout the life course (38). Therefore, it is important to support policies to reduce child poverty and its consequences on child's health, starting by measuring and understanding the problem (39).

Throughout the implementation of the study, it was noticed that determining children's unhealthy body weight is more complex than establishing a threshold for poor oral health status. One of the reasons for this relates to the fact that the assessment of child weight status varies considerably across studies (11, 12, 23). In this study, BMI z-score (ZBMI) was used to assess body weight aiming to have a more comprehensible assessment as this indicator is adjusted for age and sex. However, it is worth mentioning that for adults, a cut-off value of BMI for predicting the risk of several conditions exists, but children and adolescents require cut-offs of sex-specific BMI relative to age because of the normal increase in BMI throughout puberty (40).

Another aspect that should be taken into account when assessing BMI in children, as they are growing, is age and height. The indicator ZBMI is already adjusted for age and sex using separate non-linear curves, while the BMI metric needs to be further adjusted for age and sex, which may introduce complex age–sex-related patterns to the residuals. However, the two metrics are very similar, particularly in terms of the significance or non-significance of covariates (41).

In regard to dental caries, the CAST instrument allows to differentiate subjects according to their healthy/disease status, which may be an advantage over other methods, as it is possible to identify those who present the most severe conditions. In addition, the present study is the first to examine the association using the CAST instrument and BMI Z-score. By analysing our results, a high percentage of children presented untreated dental caries requiring more complex treatments (CAST codes 6 and 7). This was already expected for a population who lacks access to dental care, as shown in a previous study conducted in Estrutural (42).

In terms of overweight and obesity prevalence, national data from Brazil showed that 33.5% of 5-9-year-old children were overweight and 14.3% were obese in the period between 2008 and 2009 (5). A recent systematic review estimated a prevalence of 8.2% childhood obesity in Brazilian children aged < 10 years in the last three-decade period (6), which is very similar to the prevalence found in this study (8.9%). The Non-communicable Disease Risk Factor Collaboration (NCD-RisC) holds the largest global database on obesity in children and adolescents aged 5–19. The most recent estimates, published in 2017 showed that between 1975 and 2016, obesity prevalence increased from 0.7 to 5.6% in girls and from 0.9 to 7.8% in boys worldwide. However, the global increase in obesity masked heterogeneous trends at a national level (43).

In concordance with our findings, previous studies that aimed to investigate the association between dental caries and body weight in Brazilian schoolchildren concluded that underweight, overweight, and obesity are not associated with dental caries (44-47). However, a direct comparison with these studies is not possible as all of them were carried out in 12-year-old schoolchildren (44, 46, 47), or 12 and 15 years (45), while we included children aged 6 to 9 years.

It is interesting to notice that the socioeconomic situation of the population under investigation seems to have an influence on the outcome 'dental caries-obesity'. A study conducted in England aiming to investigate the shape and moderators of the association between caries and obesity, reported that obesity was more strongly related to the prevalence of dental caries in the least deprived areas, while there was a weak or no association in more deprived areas (48). Other studies have also shown a more pronounced association between obesity and dental caries in more affluent children and countries (11, 12, 49). In addition, systematic reviews showed that the association between obesity and dental caries is very inconsistent in the literature and, up to date, whether it exists remains unclear (9-24).

Some potential limitations regarding the present investigation warrant discussion. First, the inability to ascertain the level of parental bias in providing socio-demographic information. Second, this is a cross-sectional study. A longitudinal study design, in particular a birth cohort study, would better identify whether unhealthy body weight is a predictor of untreated dental caries. Finally, the heterogeneity in studies measuring body weight puzzles this field of research.

Considering the current high prevalence and the global increasing trend in the number of prevalent cases of unhealthy body weight (48) and of untreated dental caries (8), assessing if an association between unhealthy weight and dental caries exists is relevant for the development of policies and strategies to address the population burden of these two serious conditions.

CONCLUSION

This study found no significant association between BMI Z-score and dental caries prevalence or severity among underprivileged Brazilian schoolchildren.

Acknowledgements

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

REFERENCES

1. Popkin BM, Corvalan C, Grummer-Strawn LM. Dynamics of the double burden of malnutrition and the changing nutrition reality. *Lancet*. 2020;395(10217):65-74.
2. Batal M, Steinhouse L, Delisle H. The nutrition transition and the double burden of malnutrition. *Med Sante Trop*. 2018;28(4):345-50.
3. World Health Organization. Fact sheet: Overweight and obesity: World Health Organization; 2020 [updated 9 June 2021. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
4. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. 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*. 2014;384(9945):766-81.
5. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil Rio de Janeiro: IBGE; 2010 [127p.].
6. Ferreira CM, Reis NDd, Castro AdO, Höfelmann DA, Kodaira K, Silva MT, et al. Prevalence of childhood obesity in Brazil: systematic review and meta-analysis. *Jornal de Pediatria*. 2021;97(5):490-9.
7. World Health Organization. Fact Sheets: Oral health: World Health Organization; [updated 15 March 2022. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>.
8. Bernabe E, Marcenes W, Hernandez CR, Bailey J, Abreu LG, Alipour V, et al. Global, Regional, and National Levels and Trends in Burden of Oral Conditions from 1990 to 2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease 2017 Study. *J Dent Res*. 2020;99(4):362-73.
9. Angelopoulou MV, Beinlich M, Crain A. Early Childhood Caries and Weight Status: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pediatr Dent*. 2019;41(4):261-72.
10. Manohar N, Hayen A, Fahey P, Arora A. Obesity and dental caries in early childhood: A systematic review and meta-analyses. *Obes Rev*. 2020;21(3):e12960.
11. Hayden C, Bowler JO, Chambers S, Freeman R, Humphris G, Richards D, et al. Obesity and dental caries in children: a systematic review and meta-analysis. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2013;41(4):289-308.
12. Hooley M, Skouteris H, Boganin C, Satur J, Kilpatrick N. Body mass index and dental caries in children and adolescents: a systematic review of literature published 2004 to 2011. *Syst Rev*. 2012;1:57.
13. Tanner L, Craig D, Holmes R, Catinella L, Moynihan P. Does Dental Caries Increase Risk of Undernutrition in Children? *JDR Clin Trans Res*. 2022;7(2):104-17.
14. Singh A, Purohit BM. Malnutrition and Its Association with Dental Caries in the Primary and Permanent Dentition: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pediatr Dent*. 2020;42(6):418-26.
15. Sadida ZJ, Indriyanti R, Setiawan AS. Does Growth Stunting Correlate with Oral Health in Children?: A Systematic Review. *Eur J Dent*. 2022;16(1):32-40.
16. Chen D, Zhi Q, Zhou Y, Tao Y, Wu L, Lin H. Association between Dental Caries and BMI in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Caries Res*. 2018;52(3):230-45.

17. Paisi M, Kay E, Bennett C, Kaimi I, Witton R, Nelder R, et al. Body mass index and dental caries in young people: a systematic review. *BMC Pediatr.* 2019;19(1):122.
18. Silva AE, Menezes AM, Demarco FF, Vargas-Ferreira F, Peres MA. Obesity and dental caries: systematic review. *Rev Saude Publica.* 2013;47(4):799-812.
19. Kantovitz KR, Pascon FM, Rontani RM, Gavião MB. Obesity and dental caries- -A systematic review. *Oral Health Prev Dent.* 2006;4(2):137-44.
20. Aceves-Martins M, Godina-Flores NL, Gutierrez-Gómez YY, Richards D, López-Cruz L, García-Botello M, et al. Obesity and oral health in Mexican children and adolescents: systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev.* 2022;80(6):1694-710.
21. Alshehri YFA, Park JS, Kruger E, Tennant M. Association between body mass index and dental caries in the Kingdom of Saudi Arabia: Systematic review. *Saudi Dent J.* 2020;32(4):171-80.
22. Alshihri AA, Rogers HJ, Alqahtani MA, Aldossary MS. Association between Dental Caries and Obesity in Children and Young People: A Narrative Review. *Int J Dent.* 2019;2019:9105759.
23. Li LW, Wong HM, Peng SM, McGrath CP. Anthropometric measurements and dental caries in children: a systematic review of longitudinal studies. *Adv Nutr.* 2015;6(1):52-63.
24. Silveira MG, Schneider BC, Tillmann TF, Silva AE. Excess Weight and Dental Caries throughout Childhood and Adolescence: Systematic Review of Longitudinal Studies. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2022;15(6):691-8.
25. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Resolução da diretoria colegiada- RDC Nº 15, de 15 de março de 2012. In: RDC Rddc-, editor.: Ministério da Saúde; 2012.
26. Leal SC, Ribeiro APD, Frencken JE. Caries Assessment Spectrum and Treatment (CAST): A Novel Epidemiological Instrument. *Caries Res.* 2017;51(5):500-6.
27. Duarte ACC, F. R. *Semiologia nutricional*: Axcel Books; 2002. 115 p.
28. Coppini LZ, Waitzberg DL, Ferrini MT, da Silva ML, Gama-Rodrigues J, Ciosak SL. [Comparison of the subjective global nutrition assessment x objective nutrition evaluation]. *Rev Assoc Med Bras (1992).* 1995;41(1):6-10.
29. Cronk CE. Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status. By A. Roberto Frisancho. Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press. 1990. 189 pp., figures, tables, appendices. *American Journal of Physical Anthropology.* 1991;84(1):104-5.
30. WHO. *Obesity: preventing and managing the global epidemic*. Geneva: World Health Organization; 2000.
31. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ.* 2007;85(9):660-7.
32. Monasor-Ortolá D, Quesada-Rico JA, Nso-Roca AP, Rizo-Baeza M, Cortés-Castell E, Martínez-Segura A, et al. Degree of Accuracy of the BMI Z-Score to Determine Excess Fat Mass Using DXA in Children and Adolescents. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(22).
33. WHO. *Oral health surveys: basic methods*. 5th ed. Geneva: World Health Organization; 2013 2013.
34. de Souza AL, Leal SC, Bronkhorst EM, Frencken JE. Assessing caries status according to the CAST instrument and WHO criterion in epidemiological studies. *BMC Oral Health.* 2014;14:119.

35. Piovesan É TA, Leal SC, Bernabé E. The Relationship between Obesity and Childhood Dental Caries in the United States. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(23).
36. Rede Social Brasileira por Cidades Justas e Sustentáveis. Renda per capita média mensal Brazil2022 [Available from: <https://www.redesocialdecidades.org.br/br/DF/brasilia/regiao/scia-estrutural/renda-per-capita-media-mensal>].
37. Metrôpoles. Sol Nascente ultrapassa Rocinha e é considerada a maior favela do país Brazil2023 [Available from: <https://www.metropoles.com/distrito-federal/sol-nascente-ultrapassa-rocinha-e-e-considerada-a-maior-favela-do-pais>].
38. Nicolau B, Marcenés W. How will a life course framework be used to tackle wider social determinants of health? *Community Dent Oral Epidemiol*. 2012;40 Suppl 2:33-8.
39. Sophie W, Elspeth A, Ben B, Catherine L, David T-R. Poverty and child health in the UK: using evidence for action. *Archives of Disease in Childhood*. 2016;101(8):759.
40. Kansra AR, Lakkunarajah S, Jay MS. Childhood and Adolescent Obesity: A Review. *Front Pediatr*. 2020;8:581461.
41. Law C, Cole T, Cummins S, Fagg J, Morris S, Roberts H. A pragmatic evaluation of a family-based intervention for childhood overweight and obesity. 2014.
42. Maciel IP, Ribeiro APD, Pucca GA, Bié A, Leal SC. CAST instrument in epidemiological surveys: Results presentation in comparison to the WHO criteria. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2019;24.
43. (NCD-RisC) NRFC. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *Lancet*. 2017;390(10113):2627-42.
44. Alves LS, Susin C, Damé-Teixeira N, Maltz M. Overweight and obesity are not associated with dental caries among 12-year-old South Brazilian schoolchildren. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2013;41(3):224-31.
45. Moreira PV, Rosenblatt A, Severo AM. Prevalence of dental caries in obese and normal-weight Brazilian adolescents attending state and private schools. *Community Dent Health*. 2006;23(4):251-3.
46. Freitas AR, Aznar FD, Tinós AM, Yamashita JM, Sales-Peres A, Sales-Peres SH. Association between dental caries activity, quality of life and obesity in Brazilian adolescents. *Int Dent J*. 2014;64(6):318-23.
47. Lock NC, Susin C, Brusius CD, Maltz M, Alves LS. Obesity and dental caries among South Brazilian schoolchildren: a 2.5-year longitudinal study. *Braz Oral Res*. 2019;33:e056.
48. Ravaghi V, Rezaee A, Pallan M, Morris AJ. Childhood obesity and dental caries: an ecological investigation of the shape and moderators of the association. *BMC Oral Health*. 2020;20(1):338.
49. Elger W, Kiess W, Körner A, Schrock A, Vogel M, Hirsch C. Influence of overweight/obesity, socioeconomic status, and oral hygiene on caries in primary dentition. *J Investig Clin Dent*. 2019;10(2):e12394.

3 THE RELATIONSHIP BETWEEN OBESITY AND CHILDHOOD DENTAL CARIES IN THE UNITED STATES*

Érica Torres de Almeida Piovesan^{1,2}, Soraya Coelho Leal², Eduardo Bernabé¹

1 Faculty of Dentistry, Oral & Craniofacial sciences, King's College London, London, United Kingdom

2 Department of Dentistry, Faculty of Health Science, University of Brasília, Brasília, Brazil

ABSTRACT

Background: Childhood obesity and dental caries are prevalent chronic, multifactorial conditions with adverse health consequences and considerable healthcare costs. The aims of this study were: (1) to evaluate the relationship between obesity and dental caries among young children using multiple definitions for both conditions, and (2) to evaluate the role of family socioeconomic status (SES) and the child's intake of added sugars in explaining this association. **Methods:** Data from 2775 2–5-year-olds children from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2011–2018 were analysed. Three different international standards were used to define obesity, namely the World Health Organization (WHO), Centers for Disease Control and Prevention (CDC), and the International Obesity Task Force (IOTF). Dental caries was measured during clinical examinations and summarised as counts (dt and dft scores) and prevalence (untreated caries [dt > 0] and caries experience [dft > 0]). The association of obesity with dental caries was assessed in regression models controlling for demographic factors, family SES and child's intake of added sugars. **Results:** In crude models, obesity was associated with greater dt scores when using the IOTF standards (RR: 2.43, 95% CI: 1.11, 5.29) but not when using the WHO and CDC standards; obesity was associated with greater dft scores when using the WHO (1.57, 95%CI: 1.11–2.22), CDC (1.70, 95%CI: 1.17–2.46) and IOTF standards (2.43, 95%CI: 1.73–3.42); obesity was associated with lifetime caries prevalence when using the WHO (1.55, 95%CI: 1.05–2.29), CDC (1.73, 95%CI: 1.14–2.62) and IOTF standards (2.45, 95%CI: 1.61–3.71), but not with untreated caries prevalence. These associations were fully attenuated after controlling for demographic factors, family SES and child's intake of added sugars. **Conclusions:** The relationship between obesity and dental caries in primary teeth varied based on the definition of obesity and dental caries used. Associations were observed when obesity was defined using the IOTF standards and dental caries was defined using lifetime indicators. Associations were fully attenuated after adjusting for well-known determinants of both conditions.

Keywords: dental caries; obesity; cross-sectional studies; childhood; primary teeth; United States

* Artigo publicado no *International Journal of Environmental Research and Public Health* em 2 de dezembro de 2022 (Anexo 2).

INTRODUCTION

Childhood obesity and dental caries are common chronic, multifactorial conditions that are associated with negative health effects over the life span of individuals and impose a considerable burden on national healthcare systems [1, 2]. In 2020, 5.7% of children younger than 5 years old were overweight or obese, which amounted to 39 million cases worldwide [3, 4]. In addition, the Global Burden of Disease study showed that the prevalence of untreated cavitated dentine caries lesions in children younger than 5 years old was 37.6% in 2019, amounting to 249 million cases globally [5].

Whether and how obesity and dental caries are related to each other is still a matter of debate. This is a growing area of research, with four systematic reviews published in the past five years [6-9]. While most reviews found that overweight/obesity and dental caries in older children (permanent dentition) were positively associated, the findings were less consistent in preschool children (primary dentition) [6-9]. Indeed, two reviews found that obese children showed greater caries levels in primary teeth than children of normal weight [8, 9] whereas two other reviews found no association [6, 7]. The mixed findings highlight the need for more studies in this specific age group, especially those that address limitations found in previous studies. One limitation consistently identified in the above reviews was the lack of adjustment for relevant confounders of the obesity-caries relationship, such as family socioeconomic status (SES) and child's sugar intake. On one hand, both childhood obesity and dental caries are more frequent among poorer families [2, 10]. On the other hand, sugar intake is an established behavioural determinant of both obesity and caries in childhood and adulthood [11, 12]. The reviews also identified large heterogeneity between the primary studies. Differences in the methods used to measure obesity (e.g., standards and cut-offs to define obesity, analysis of overweight and obese groups carried out separately or jointly, and merging the underweight with the normal weight group) and dental caries (e.g., different thresholds, and analysis as count or prevalence) complicate the interpretation of findings and any comparison between studies. A detailed exploration of the impact of these methodological decisions on the estimates for the relationship between childhood obesity and caries is warranted.

Regarding potential explanations for the obesity-caries relationship, it has been reported that obesity can lead to changes in the oral microflora and salivary properties, which in turn might predispose children to develop dental caries [13-15]. This

explanation implies that dental caries is a consequence of obesity. However, it seems to be more accepted that the relationship between childhood obesity and dental caries is explained by common risk factors, such as a lower SES and a sugar-rich diet [9, 16, 17]. This second explanation has stronger implications as it would allow reducing the burden of these two common childhood health problems through policies and interventions that tackle their shared roots (e.g. sugars intake) [18]. Therefore, the aims of this study were: (1) to evaluate the relationship between obesity and dental caries in young children using multiple definitions for both conditions, and (2) to evaluate the role of family socioeconomic status (SES) and the child's intake of added sugars in explaining this association.

MATERIALS AND METHODS

Study population

This study used data from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2011-2018, which is a programme of studies, carried out by the Centers for Disease Control and Prevention (CDC). NHANES recruits a nationally representative survey of the non-institutionalised population in the United States through a stratified, multistage probability sampling. Data are collected annually and released for public use in 2-year cycles to protect participants' confidentiality. The National Center for Health Statistics Research Ethics Review Board approved the NHANES survey protocol and written parental permission was obtained for participating minors. Each NHANES cycle included approximately 10,000 individuals who were interviewed at home and assessed on a variety of health factors at a mobile examination centre (MEC). Overall, there were 9756 participants in 2011-2012 (response rate: 72.6%), 10175 in 2013-2014 (71.0%), 9971 in 2015-2016 (61.3%), and 9254 in 2017-2018 (51.9%) [19].

Of the 3405 children aged 24 to 71 months in NHANES 2011-2018, 3168 had complete data on body measurements and on oral health examination. Out of this total, 893 children were excluded on the basis of missing values on covariates (total energy intake=616, child's intake of added sugars=593, poverty income ratio=277, parental education=135). Therefore, the final analytical sample for the present report was 2775 children who had complete data on all relevant variables.

Variables selected

Dental caries was the study outcome, which was determined from oral health examinations by licensed dentists who were trained in the NHANES methods. Examinations were carried out at the MEC, using a portable dental chair, artificial light, and compressed air. The examination of young children included a tooth count and dental caries assessment that was registered at the cavitation-level following the Radike's criteria [20]. Inter-examiner Kappa values for untreated caries lesions ranged from 0.93 to 1.00 [21]. The number of decayed teeth (dt score) and the sum of decayed and filled teeth (dft score) were calculated for each participant. Both indicators were also used to estimate the prevalence of untreated decay (dt>0) and caries experience (dft>0), respectively.

Child body measures were collected at the MEC by trained health technicians. Height was measured using a stadiometer with a fixed vertical backboard and an adjustable headpiece. Participants were weighed in kilograms using a digital weight scale wearing the standard MEC examination gown [22]. Weight and height measurements were used to classify children according to three international standards: World Health Organization (WHO), CDC and the International Obesity Task Force (IOTF). The 2007 WHO Growth reference standards for children 2 years or older were used to estimate the body mass index (BMI) for sex and age z-score, which was then categorised as underweight (lower than -2 Standard Deviations [SD]), normal weight (between -2SD and +1SD), overweight (higher than +1SD, which corresponds to a BMI of 25 kg/m² at 19 years), and obesity (higher than +2SD, which corresponds to a BMI of 30 kg/m² at 19 years) [23, 24]. Using the CDC's sex-specific 2000 BMI-for-age growth charts for the US child population, underweight was defined as a BMI-for-sex-and-age lower than the 5th percentile, normal weight as a BMI-for-sex-and-age equal or higher than the 5th percentile but lower than the 85th percentile, overweight as a BMI-for-sex-and-age equal or higher than the 85th percentile but lower than the 95th percentile, and obese as a BMI-for-sex-and-age higher than the 95th percentile [25]. Finally, children were classified according to the IOTF cut-offs calculated by sex and for each month of age and for the equivalent of BMI 18.5 (underweight), 25 (overweight) and 30 (obesity) at age 18 years [26].

Family SES, child's demographic factors and intake of added sugars were also included in the analysis as potential confounders for the relationship between obesity and dental caries. Family SES was indicated by the poverty income ratio (which is estimated by dividing family income by the poverty guidelines, specific to household size, US state and year), and the household reference person's education. Child demographic factors included were age, sex and race/ethnicity. The child's dietary intake of all foods and beverages (including total calorie intake) was estimated from a 24-hour dietary recall interview at the MEC [27]. Consumption of added sugars (in grams) was derived using the US Department of Agriculture (USDA) Food Patterns Equivalent Database (FPED) for each NHANES cycle [28]. The FPED defines added sugars as those sugars added to foods and beverages during processing or home preparation, and sugars eaten separately or added to foods at the table [29]. Intake was categorised into quartiles for analysis.

Statistical analysis

Data management and analysis were conducted in Stata version 17 (StataCorp, College Station, TX). All analysis incorporated the survey design (stratification and clustering) and weights. In order to evaluate the impact of missing data on the representativeness of the study sample, children included and excluded from the analysis were compared in terms of their sociodemographic, behavioural and clinical characteristics with the Chi-square test for categorical variables and the independent samples t-test for numerical variables. The dt and dft scores were compared by sociodemographic and behavioural factors using simple negative binomial regression models. Similarly, the prevalence of obesity (as defined by each of three standards) was compared by sociodemographic and behavioural factors using simple binary logistic regression.

The association of obesity with the dt and dft scores was tested using negative binomial regression models as both caries indicators were count measures with overdispersion. Therefore, rate ratios (RR) with 95% confidence intervals (95%CI) were the measure of association reported. The regression modelling started with the crude association between each definition of obesity and the dt score (labelled as Model 1). This association was controlled for the child's demographic factors (sex, age and race/ethnicity) in Model 2 and additionally for family SES (poverty income ratio

and parental education), child's intake of added sugars and total energy intake in Model 3. The standard multivariate approach was used to adjust intake for total energy intake [30]. The same set of three sequential models was fitted for testing the association of each definition of obesity with the dft score. Finally, the same set of three models was repeated using the prevalence of untreated decay (dt>0) and caries experience (dft>0). Binary logistic regression was used in these analyses and odds ratios (ORs) were reported.

RESULTS

Data from 2275 children were analysed (mean age: 3.4, SD: 1.1, range: 2 to 5 years). Statistical differences were observed between children included and excluded from the study sample due to missing values. Children in the study sample were more likely to be older and White, to have parents with higher education, and to have normal weight than those excluded. Overall, 21.9% of children had caries experience and 10.4% had untreated caries lesions. The mean dt and dft scores were 0.32 (SD: 1.46, range: 0 to 13) and 1.01 (SD: 2.89, range: 0 to 16), respectively. Older and Hispanic children, as well as those living in low SES and with greater intake of added sugars had greater dt and dft scores (Table 1). The prevalence of obesity varied based on the standards used, namely 9.5% according to the WHO standards, 11.3% according to the CDC standards, and 5.9% according to the IOTF standards. Obesity was more common among older and Hispanic children, those of low SES and with greater intake of added sugars (Table 2).

Table 1. Description of the study sample and comparison of dental caries indicators by covariates.

	n	%	dt		dft	
			Mean	(SD)	Mean	(SD)
<i>Child sex</i>						
Boys	1117	49.1	0.38	(1.56)	1.10	(2.96)
Girls	1158	50.9	0.27	(1.36)	0.92	(2.82)
<i>P value</i> ^a			0.084		0.172	
<i>Child age</i>						
2 years	659	24.5	0.21	(1.30)	0.27	(1.49)
3 years	533	26.1	0.29	(1.31)	0.70	(2.25)
4 years	550	24.9	0.38	(1.49)	1.11	(2.98)
5 years	533	24.6	0.41	(1.66)	1.96	(3.74)
<i>P value for trend</i>			0.025		<0.001	
<i>Child race/ethnicity</i>						
Non-Hispanic White	669	52.5	0.24	(0.97)	0.75	(1.89)
Non-Hispanic Black	576	13.6	0.38	(2.05)	1.06	(3.87)
Hispanic	655	23.5	0.41	(1.65)	1.54	(3.91)
Asian	193	4.0	0.52	(3.13)	1.12	(4.71)
Other	182	6.4	0.48	(2.13)	0.96	(2.87)
<i>P value</i>			0.250		0.017	

<i>Poverty income ratio</i>						
<1.00	817	28.1	0.59	(2.25)	1.55	(3.92)
1.00-1.99	610	25.3	0.35	(1.56)	1.01	(2.83)
2.00-2.99	317	14.9	0.22	(1.00)	1.13	(3.28)
>=3	531	31.6	0.12	(0.73)	0.46	(1.60)
<i>P value for trend</i>			<0.001		<0.001	
<i>Parental education</i>						
Below high school	472	15.8	0.54	(2.15)	1.92	(4.40)
High school	1246	53.5	0.41	(1.66)	1.08	(3.00)
Above high school	557	30.7	0.06	(0.50)	0.40	(1.58)
<i>P value for trend</i>			<0.001		<0.001	
<i>Child intake of added sugars</i>						
Q1 (lowest)	666	29.2	0.27	(1.29)	0.87	(2.60)
Q2	811	36.6	0.31	(1.44)	0.90	(2.72)
Q3	576	25.0	0.39	(1.61)	1.22	(3.26)
Q4 (highest)	222	9.3	0.36	(1.63)	1.25	(3.30)
<i>P value trend</i>			0.215		0.023	

^a P values were derived from crude negative binomial regression models, using an omnibus test to compare unordered groups and a test for linear trends to compare ordered groups.

Table 2. Prevalence of obesity (as defined by three international standards) by sociodemographic and behavioural factors (n=2275).

	WHO standards		CDC standards		IOTF standards	
	n	%	n	%	n	%
<i>Child sex</i>						
Boys	108	9.9	121	10.9	55	5.5
Girls	112	9.2	134	11.6	74	6.3
<i>P value^a</i>	0.665		0.723		0.531	
<i>Child age</i>						
2 years	58	8.8	55	8.3	19	2.7
3 years	43	6.4	52	8.1	18	3.2
4 years	52	10.1	69	13.5	36	6.5
5 years	67	12.9	79	15.2	56	11.3
<i>P value for trend</i>	0.035		0.006		<0.001	
<i>Child race/ethnicity</i>						
Non-Hispanic White	51	7.4	63	9.2	30	4.2
Non-Hispanic Black	58	10.7	62	11.4	32	6.9
Hispanic	90	15.2	105	17.7	55	9.9
Asian	7	3.6	9	4.7	3	1.7
Other	14	6.5	16	8.3	9	5.2
<i>P value</i>	<0.001		<0.001		0.003	
<i>Poverty income ratio</i>						
<1.00	91	12.0	100	12.6	55	8.1
1.00-1.99	64	10.3	80	13.3	40	6.7
2.00-2.99	35	11.1	38	13.2	19	6.2
>=3	30	5.9	37	7.5	15	3.0
<i>P value for trend</i>	0.031		0.076		0.029	
<i>Parental education</i>						
Below high school	64	13.0	69	13.2	34	7.2
High school	127	10.7	151	13.4	79	7.4
Above high school	29	5.7	35	6.5	16	2.5

<i>P value for trend</i>	0.004	0.002	0.002			
<i>Child intake of added sugars</i>						
Q1 (lowest)	54	6.9	60	8.5	23	3.2
Q2	79	9.5	90	10.7	51	6.5
Q3	62	11.6	72	14.1	37	6.9
Q4 (highest)	25	12.2	33	14.7	18	9.0
<i>P value for trend</i>	0.097	0.036	0.044			

^a Obesity was defined as a BMI for sex and age z-score > +2 SD (WHO standards), a BMI-for-sex-and-age > 95th percentile (CDC standards) and a BMI \geq those age-sex specific BMI cut-offs corresponding to BMI = 30 at age 18 years (IOTF standards). ^b Unordered groups were compared using the Chi-square test whereas ordered groups were compared using the Chi-square test for linear trends.

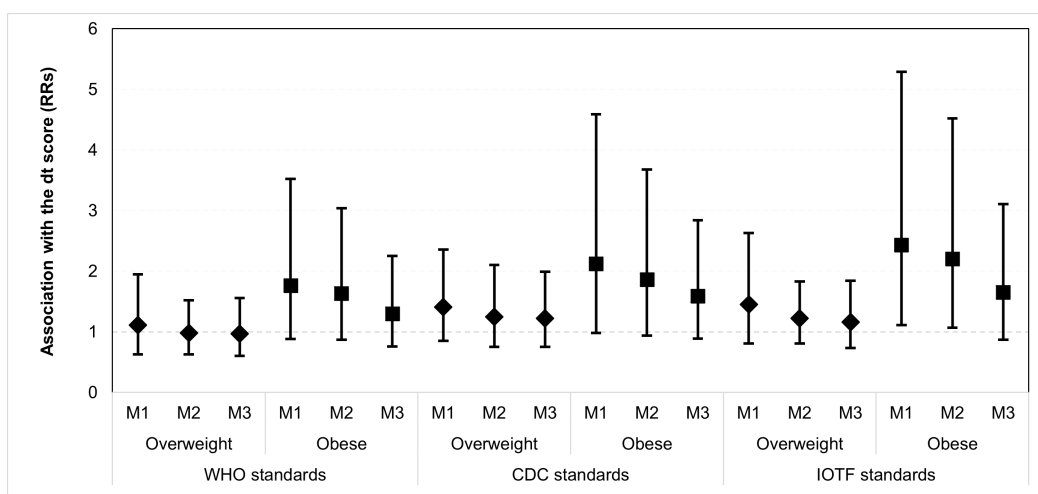
The association of obesity with the dt score is shown in Table 3 and Figure 1. In crude models, overweight and obese children had greater dt scores than children with normal weight. In addition, estimates (RRs) were consistently higher for obese than for overweight children. However, the estimate for obesity was significant only when using the IOTF standards. Obese children had 2.43 (95%CI: 1.11, 5.29) times higher dt scores than normal-weight children. This association was weakened but continued to be significant after adjusting for child demographic factors (2.20, 95%CI: 1.07, 4.52). However, it was fully attenuated after additional adjustment for family SES and child's intake of added sugars (1.65, 95%CI: 0.87, 3.11). Table 3 and Figure 1 also show the association of obesity with the dft score. In crude models, obese children showed greater dft scores than children with normal weight when using the WHO (1.57, 95%CI: 1.11, 2.22), CDC (1.70, 95%CI: 1.17, 2.46) and IOTF standards (2.43, 95%CI: 1.73, 3.42), respectively. However, the corresponding estimates for overweight were equal to 1 or less. The estimate for the association between obesity (according to the IOTF standards) and dft score was weakened but continued to be significant after adjustment for child demographic factors in Model 2 (2.10, 95% CI: 1.28, 3.45) and additionally for family SES and child intake of added sugars (2.02, 95% CI: 1.28, 3.17).

Table 3. Models for the association of BMI groups (as defined by three international standards) with dt and dft scores among 2-5-year-old children (n=2275).

	Mean	(SD)	Model 1 RR [95%CI]	Model 2 RR [95%CI]	Model 3 RR [95%CI]
Untreated caries:					
<i>WHO standards</i>					
Normal	0.29	(1.41)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	0.33	(1.27)	1.11 [0.63-1.95]	0.98 [0.63-1.52]	0.97 [0.60-1.56]
Obese	0.52	(2.10)	1.76 [0.88-3.52]	1.63 [0.87-3.04]	1.30 [0.76-2.25]

Underweight	0.97	(3.70)	3.31 [0.58-18.75]	2.58 [0.42-15.95]	1.42 [0.27-7.41]
<i>CDC standards</i>					
Normal	0.27	(1.29)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	0.38	(1.32)	1.41 [0.85-2.36]	1.25 [0.75-2.10]	1.22 [0.75-1.99]
Obese	0.56	(2.10)	2.12 [0.98-4.59]	1.86 [0.94-3.68]	1.59 [0.89-2.84]
Underweight	0.55	(2.68)	2.07 [0.85-5.06]	1.63 [0.68-3.89]	1.37 [0.67-2.81]
<i>IOTF standards</i>					
Normal	0.28	(1.31)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	0.41	(1.46)	1.45 [0.81-2.63]	1.22 [0.81-1.83]	1.16 [0.73-1.84]
Obese	0.68	(2.36)	2.43 [1.11-5.29]*	2.20 [1.07-4.52]*	1.65 [0.87-3.11]
Underweight	0.35	(1.88)	1.26 [0.67-2.37]	0.92 [0.53-1.62]	0.93 [0.52-1.68]
Caries experience:					
<i>WHO standards</i>					
Normal	0.99	(2.96)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	0.82	(2.32)	0.83 [0.57-1.22]	0.82 [0.59-1.14]	0.81 [0.56-1.16]
Obese	1.56	(3.66)	1.57 [1.11-2.22]*	1.56 [1.00-2.45]	1.47 [0.97-2.12]
Underweight	1.08	(3.78)	1.09 [0.22-5.28]	0.69 [0.15-3.19]	0.42 [0.11-1.66]
<i>CDC standards</i>					
Normal	0.93	(2.82)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	0.88	(2.36)	0.95 [0.65-1.40]	0.87 [0.60-1.26]	0.84 [0.57-1.24]
Obese	1.58	(3.57)	1.70 [1.17-2.46]*	1.51 [0.96-2.38]	1.43 [0.93-2.19]
Underweight	1.21	(4.08)	1.30 [0.66-2.55]	1.15 [0.52-2.55]	0.83 [0.45-1.54]
<i>IOTF standards</i>					
Normal	0.90	(2.69)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	0.90	(2.37)	1.00 [0.64-1.55]	0.92 [0.61-1.39]	0.85 [0.54-1.32]
Obese	2.19	(4.12)	2.43 [1.73-3.42]*	2.10 [1.28-3.45]*	2.02 [1.28-3.17]*
Underweight	1.29	(4.15)	1.43 [0.85-2.40]	1.16 [0.67-2.02]	1.01 [0.59-1.73]

The dt and dft scores were modelled using negative binomial regression. Rate ratios (RR) were reported. Model 1 was unadjusted, Model 2 adjusted for child demographic factors (sex, age and race/ethnicity) and Model 3 additionally adjusted for family socioeconomic status (poverty income ratio and parental education) and child intake of added sugars (quintiles) and total energy intake. * $p < 0.05$.



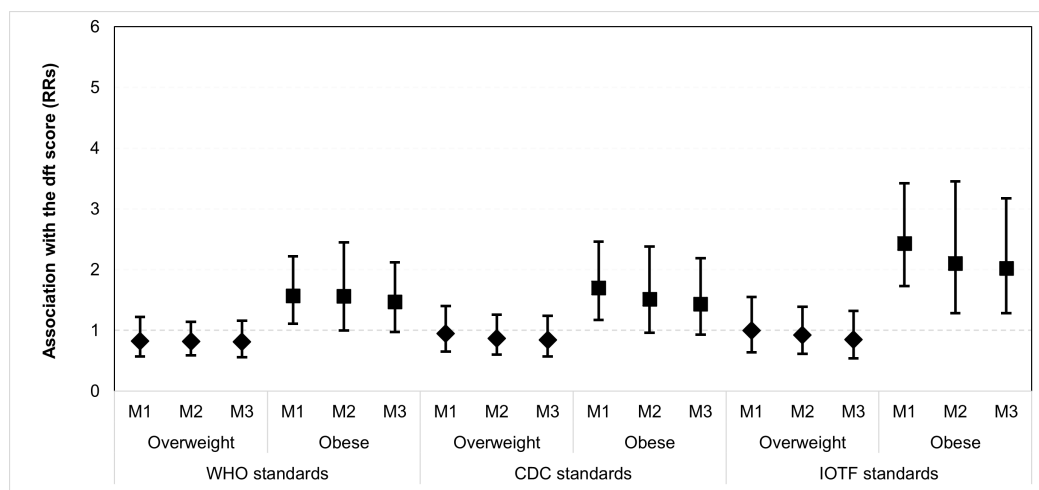


Figure 1. Crude and adjusted estimates (rates ratios, RRs) for the association of overweight and obesity (as defined by three international standards) with the dt and dft scores among 2-5-year-old children (n=2275). M1, M2 and M3 correspond to Models 1, 2 and 3 in Table 3.

Similar results were obtained when modelling dental caries in terms of having untreated caries ($dt > 0$) and caries experience ($dft > 0$). Obesity was positively associated with greater odds of having caries experience, but not untreated caries, in crude logistic regression models. These associations were fully attenuated after adjustment for demographic factors and remained as such after further adjustment for family SES and child intake of added sugars (Table 4 and Figure 2).

Table 4. Models for the association of BMI groups (as defined by three international standards) with the prevalence of untreated caries and caries experience among 2-5-year-old children (n=2275).

	n	%	Model 1 OR [95%CI]	Model 2 OR [95%CI]	Model 3 OR [95%CI]
Untreated caries:					
<i>WHO standards</i>					
Normal	190	10.0	Reference	Reference	Reference
Overweight	53	10.6	1.07 [0.66-1.73]	1.07 [0.69-1.67]	0.99 [0.60-1.64]
Obese	29	12.5	1.28 [0.72-2.29]	1.11 [0.59-2.09]	0.97 [0.55-1.69]
Underweight	2	20.5	2.31 [0.38-14.0]	1.75 [0.25-12.0]	1.46 [0.27-7.94]
<i>CDC standards</i>					
Normal	183	9.3	Reference	Reference	Reference
Overweight	40	13.6	1.55 [0.97-2.49]	1.47 [0.92-2.36]	1.35 [0.81-2.25]
Obese	38	13.5	1.53 [0.78-3.00]	1.30 [0.64-2.65]	1.15 [0.61-2.20]
Underweight	13	10.8	1.19 [0.58-2.45]	1.17 [0.58-2.37]	1.35 [0.64-2.86]
<i>IOTF standards</i>					
Normal	189	9.8	Reference	Reference	Reference
Overweight	38	11.8	1.24 [0.73-2.10]	1.15 [0.72-1.85]	1.10 [0.67-1.79]

Obese	20	16.2	1.78 [0.91-3.47]	1.40 [0.65-3.02]	1.19 [0.60-2.36]
Underweight	27	10.1	1.04 [0.58-1.85]	0.95 [0.54-1.68]	1.07 [0.57-2.00]
<u>Caries experience:</u>					
<i>WHO standards</i>					
Normal	377	21.7	Reference	Reference	Reference
Overweight	107	19.3	0.87 [0.60-1.25]	0.90 [0.63-1.28]	0.83 [0.55-1.25]
Obese	58	30.0	1.55 [1.05-2.29]*	1.26 [0.81-1.95]	1.13 [0.73-1.75]
Underweight	2	20.5	0.93 [0.15-5.67]	0.65 [0.11-3.90]	0.56 [1.22-2.61]
<i>CDC standards</i>					
Normal	378	20.7	Reference	Reference	Reference
Overweight	73	21.7	1.07 [0.71-1.60]	1.00 [0.66-1.53]	0.90 [0.57-1.42]
Obese	73	31.1	1.73 [1.14-2.62]*	1.35 [0.85-2.13]	1.23 [0.78-1.95]
Underweight	20	17.9	0.84 [0.43-1.63]	0.87 [0.44-1.73]	1.00 [0.56-1.80]
<i>IOTF standards</i>					
Normal	388	20.7	Reference	Reference	Reference
Overweight	65	22.0	1.07 [0.67-1.72]	0.97 [0.61-1.55]	0.89 [0.54-1.48]
Obese	42	39.0	2.45 [1.61-3.71]*	1.55 [0.95-2.54]	1.41 [0.84-2.36]
Underweight	49	20.3	0.98 [0.59-1.61]	0.91 [0.58-1.43]	1.03 [0.65-1.62]

Prevalence rates were modelled using binary logistic regression. Odds ratios (OR) were therefore reported. Model 1 was unadjusted, Model 2 adjusted for child demographic factors (sex, age and race/ethnicity) and Model 3 additionally adjusted for family socioeconomic status (poverty income ratio and parental education) and child intake of added sugars (quintiles) and total energy intake.

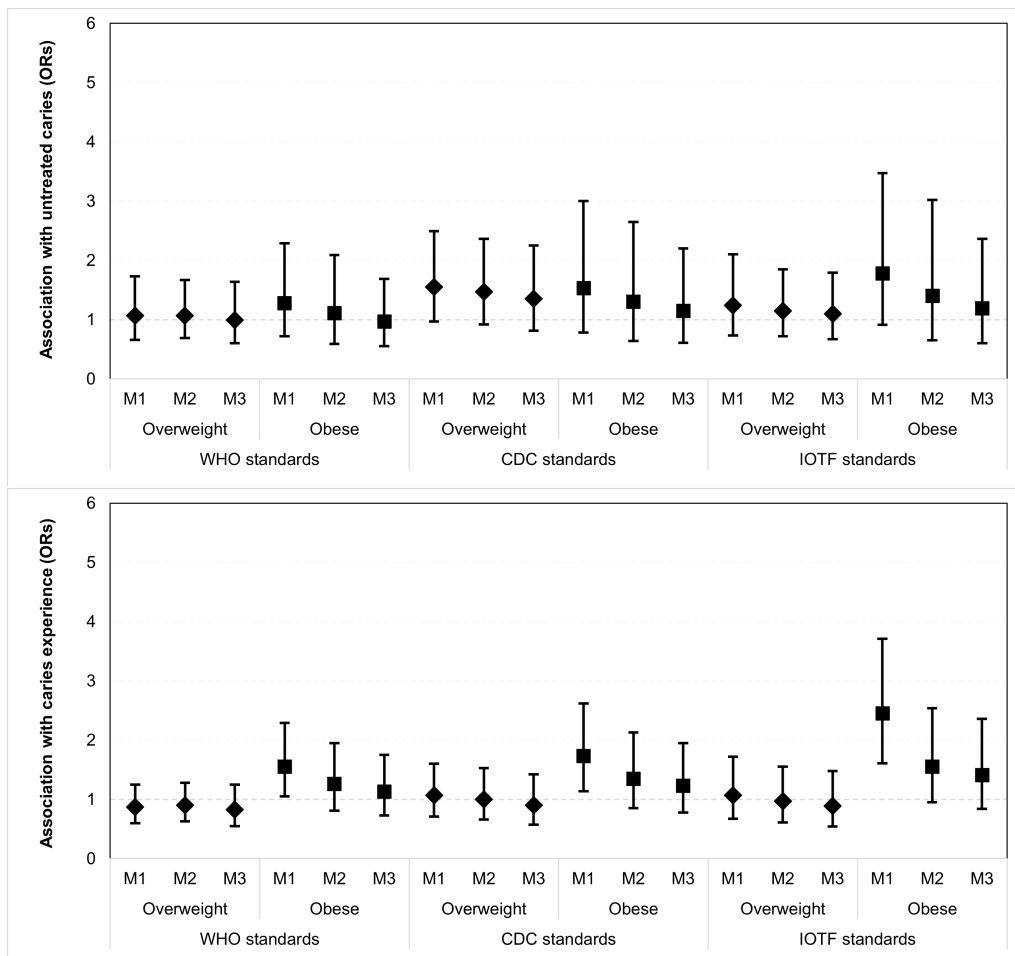


Figure 2. Crude and adjusted estimates (odds ratios, ORs) for the association of overweight and obesity (as defined by three international standards) with the prevalence of untreated caries and caries experience among 2-5-year-old children (n=2275). M1, M2 and M3 correspond to Models 1, 2 and 3 in Table 4.

DISCUSSION

Little support was found for the relationship between obesity and dental caries in primary teeth among young US children. Moreover, and maybe most importantly, it was possible to observe that the findings varied depending on how obesity and dental caries were defined. For example, an association was found when obesity was defined using the IOTF standards but not using the CDC or the WHO thresholds, and when dental caries was defined using cumulative indicators, but not indicators of current untreated disease. In terms of the standards to define obesity, the highest prevalence was found with the CDC standards, which were specifically designed for US children, followed by the WHO and IOTF standards. A systematic review found that the IOTF standards yield the lowest prevalence of obesity [31]. There is evidence that the choice of the standards to define obesity can influence clinical decision to offer advice or treatment, and estimation of resources required to address the burden of obesity [31]. In that sense, an earlier review showed obesity and dental caries were associated when using the CDC standards but not associated when using the WHO standards [32]. Recent work has paved the way for harmonising estimates for the prevalence of obesity based on different standards [33] and might help to combine estimates from different studies in further systematic reviews of the association of obesity with dental caries. As for dental caries, findings were more consistent when looking at lifetime caries indicators, such as the dft score or the prevalence of caries experience, than indicators of current disease. This complicates the interpretation of cross-sectional findings as dental caries could have occurred before the development of obesity. Furthermore, whether caries is defined as a count (number of teeth affected) or prevalence (% of children affected) introduces heterogeneity in the findings and makes comparison between studies difficult. The present findings show that the use of different standards to define obesity and different summary measures to define dental caries can affect the magnitude of the association between both conditions. Researchers should be mindful of such heterogeneity when comparing findings from different studies or when pooling together estimates to carry out a meta-analysis.

Some researchers have argued that the relationship between obesity and dental caries is more commonly found in high-income countries, where both living standards and access to healthcare services (including the way in which fluorides are used) are relatively high [34, 35]. The reasons behind this finding are poorly understood [34, 35]. Three studies analysed NHANES data of children aged 2 to 5 years from 1999 to 2002 [36-38]. Two of them found that overweight or obese children had more decayed teeth than normal-weight children; however, these differences were not significant. The present finding is consistent with those from earlier studies and published reviews [6, 7].

A second important finding of this study was that the relationship between obesity and dental caries was largely attenuated after adjusting for family SES and child intake of added sugars. These findings suggest that obesity does not increase caries risk and the presence of caries lesions does not increase obesity risk, but rather that shared determinants drive the development of both conditions [16]. Low SES (as indicated by living in families with lower poverty income ratio and with less educated parents in this study) and dietary factors (consumption of added sugars) are shared risk factors potentially linking obesity and dental caries [16, 17, 39]. This interpretation implies that earlier studies which did not adjust for family SES and child's sugars intake could have overestimated the true association of obesity with dental caries in young children.

The present findings have implications for policy and research. They point to the shared roots of childhood obesity and dental caries. Policies and interventions that address the social determinants of health (family SES) and the commercial determinants of health (marketing, distribution and accessibility of foods and beverages containing sugars) can ensure all children have a good start in life. Identifying children at risk of becoming overweight early in life may provide opportunities for family interventions to reduce the risk of both obesity and caries. It may also provide information for the development of multidisciplinary teamwork, in addition to allowing public health efforts to focus on groups that are at greater risk. Further research is needed to test whether successful interventions to tackle childhood obesity can also benefit children's oral health. Preventing early introduction of sugars in children's diet could be a way forward [39, 40].

Some limitations of this study need to be discussed as well. First, no causal inferences can be drawn from the cross-sectional data used in this study. Second, participants

with missing data on obesity, caries or confounders were excluded. Since included children were more likely to be older, White and normal weight and to have more educated parents than excluded children, the present findings are not fully generalisable to the whole population of pre-school US children. Third, we used the dft score instead of the dmft score (which includes missing teeth too). This was because NHANES does not collect information on the reason for teeth's absence in young children. Therefore, our cumulative measures of caries experience are likely to be underestimated. Finally, the dietary assessment was based on parental reports of their child's intake over a single day (i.e., 24-hour dietary recall), which might not represent the habitual diet of participants.

CONCLUSIONS

The relationship between obesity and dental caries in 2-5-year-old US children varied based on the definition of obesity and dental caries used. Associations were observed when obesity was defined using the IOTF standards and dental caries was defined using lifetime indicators (dft score or caries experience). In addition, the relationship between obesity and caries was fully attenuated after adjusting for well-known determinants of both conditions (family SES and child sugars intake).

Author Contributions: Conceptualization, E.B.; formal analysis, E.P. and E.B.; writing—original draft, E.P.; writing—review and editing, S.L. and E.B. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

Institutional Review Board Statement: This study was based on secondary analysis of publicly available data. No ethics approval was required.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The NHANES data used for this report is freely available from <https://www.cdc.gov/nchs/nhanes/index.htm>.

Conflicts of Interest: There is no conflict of interest associated with this work.

REFERENCES

1. Abarca-Gómez L, Abdeen ZA, Hamid ZA, Abu-Rmeileh NM, Acosta-Cazares B, Acuin C, Adams RJ, Aekplakorn W, Afsana K, Aguilar-Salinas CA *et al*: Worldwide

- trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128 million children, adolescents, and adults. *The Lancet* 2017, 390(10113):2627-2642.
2. Tinanoff N, Baez RJ, Diaz Guillory C, Donly KJ, Feldens CA, McGrath C, Phantumvanit P, Pitts NB, Seow WK, Sharkov N *et al*: Early childhood caries epidemiology, aetiology, risk assessment, societal burden, management, education, and policy: Global perspective. *Int J Paediatr Dent* 2019, 29(3):238-248.
 3. World Health Organization: Fact sheet: Overweight and obesity. Geneva: World Health Organization; 2020.
 4. United Nations Children's Fund, World Health Organization, World Bank Group: Levels and trends in child malnutrition: UNICEF/WHO/The World Bank Group joint child malnutrition estimates: key findings of the 2021 edition. In. Geneva: World Health Organization; 2022.
 5. Bernabe E, Marcenes W, Hernandez CR, Bailey J, Abreu LG, Alipour V, Amini S, Arabloo J, Arefi Z, Arora A *et al*: Global, Regional, and National Levels and Trends in Burden of Oral Conditions from 1990 to 2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease 2017 Study. *J Dent Res* 2020, 99(4):362-373.
 6. Chen D, Zhi Q, Zhou Y, Tao Y, Wu L, Lin H: Association between Dental Caries and BMI in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Caries Res* 2018, 52(3):230-245.
 7. Paisi M, Kay E, Bennett C, Kaimi I, Witton R, Nelder R, Laphorne D: Body mass index and dental caries in young people: a systematic review. *BMC Pediatr* 2019, 19(1):122.
 8. Angelopoulou MV, Beinlich M, Crain A: Early Childhood Caries and Weight Status: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pediatr Dent* 2019, 41(4):261-272.
 9. Manohar N, Hayen A, Fahey P, Arora A: Obesity and dental caries in early childhood: A systematic review and meta-analyses. *Obes Rev* 2020, 21(3):e12960.
 10. Vazquez CE, Cubbin C: Socioeconomic Status and Childhood Obesity: a Review of Literature from the Past Decade to Inform Intervention Research. *Curr Obes Rep* 2020, 9(4):562-570.
 11. Moores CJ, Kelly SAM, Moynihan PJ: Systematic Review of the Effect on Caries of Sugars Intake: Ten-Year Update. *J Dent Res* 2022, 101(9):1034-1045.
 12. Abbasalizad Farhangi M, Mohammadi Tofigh A, Jahangiri L, Nikniaz Z, Nikniaz L: Sugar-sweetened beverages intake and the risk of obesity in children: An updated systematic review and dose-response meta-analysis. *Pediatr Obes* 2022, 17(8):e12914.
 13. Coker MO, Lebeaux RM, Hoen AG, Moroishi Y, Gilbert-Diamond D, Dade EF, Palys TJ, Madan JC, Karagas MR: Metagenomic analysis reveals associations between salivary microbiota and body composition in early childhood. *Sci Rep* 2022, 12(1):13075.

14. Hatipoglu O, Maras E, Hatipoglu FP, Saygin AG: Salivary flow rate, pH, and buffer capacity in the individuals with obesity and overweight; A meta-analysis. *Niger J Clin Pract* 2022, 25(7):1126-1142.
15. Leme L, Rizzardi KF, Santos IB, Parisotto TM: Exploring the Relationship between Salivary Levels of TNF- α , Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus gasseri, Obesity, and Caries in Early Childhood. *Pathogens* 2022, 11(5).
16. Marshall TA, Eichenberger-Gilmore JM, Broffitt BA, Warren JJ, Levy SM: Dental caries and childhood obesity: roles of diet and socioeconomic status. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* 2007, 35(6):449-458.
17. von Philipsborn P, Stratil JM, Burns J, Buser LK, Pfadenhauer LM, Polus S, Holzapfel C, Hauner H, Rehfues E: Environmental interventions to reduce the consumption of sugar-sweetened beverages and their effects on health. *Cochrane Database Syst Rev* 2019, 6(6):Cd012292.
18. Sheiham A, Watt RG: The common risk factor approach: a rational basis for promoting oral health. *Community Dent Oral Epidemiol* 2000, 28(6):399-406.
19. Center for Disease Control and Prevention: NHANES response rates and population totals. United States: National Center for Health Statistics; 2022.
20. Radike AW: Criteria for diagnosing dental caries. In: *Proceedings of the conference on the clinical testing of cariostatic agents October 14-16, 1968*. edn. Chicago IL: American Dental Association; 1972: 87-88.
21. Dye BA, Afful J, Thornton-Evans G, Iafolla T: Overview and quality assurance for the oral health component of the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), 2011-2014. *BMC Oral Health* 2019, 19(1):95.
22. Center for Disease Control and Prevention: NHANES anthropometry procedures manual, vol. 2022. United States: National Center for Health Statistics; 2011.
23. WHO Multicentre Growth Reference Study Group: WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr Suppl* 2006, 450:76-85.
24. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J: Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ* 2007, 85(9):660-667.
25. Kuczmarski RJ, Ogden CL, Guo SS, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Mei Z, Wei R, Curtin LR, Roche AF, Johnson CL: 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital Health Stat* 11 2002(246):1-190.
26. Cole TJ, Lobstein T: Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatric Obesity* 2012, 7(4):284-294.

27. Ahluwalia N, Dwyer J, Terry A, Moshfegh A, Johnson C: Update on NHANES Dietary Data: Focus on Collection, Release, Analytical Considerations, and Uses to Inform Public Policy. *Adv Nutr* 2016, 7(1):121-134.
28. Bowman SA, Clemens JC, Shimizu M, Friday JE, Moshfegh AJ: Food Patterns Equivalents Database 2015–2016: Methodology and User Guide [online]. Beltsville, Maryland Food Surveys Research Group, Beltsville Human Nutrition Research Center, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture; 2018.
29. Bowman SA: Added sugars: Definition and estimation in the USDA Food Patterns Equivalents Databases. *J Food Compost Anal* 2017, 64:64-67.
30. Willett WC, Howe GR, Kushi LH: Adjustment for total energy intake in epidemiologic studies. *Am J Clin Nutr* 1997, 65(4 Suppl):1220S-1228S; discussion 1229S-1231S.
31. Llorca-Colomer F, Murillo-Llorente MT, Legidos-García ME, Palau-Ferré A, Pérez-Bermejo M: Differences in Classification Standards For the Prevalence of Overweight and Obesity in Children. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Epidemiol* 2022, 14:1031-1052.
32. Hayden C, Bowler JO, Chambers S, Freeman R, Humphris G, Richards D, Cecil JE: Obesity and dental caries in children: a systematic review and meta-analysis. *Community Dent Oral Epidemiol* 2013, 41(4):289-308.
33. Cole TJ, Lobstein T: An improved algorithm to harmonize child overweight and obesity prevalence rates. *Pediatr Obes* 2022:e12970.
34. Ravaghi V, Rezaee A, Pallan M, Morris AJ: Childhood obesity and dental caries: an ecological investigation of the shape and moderators of the association. *BMC Oral Health* 2020, 20(1):338.
35. Elger W, Kiess W, Körner A, Schrock A, Vogel M, Hirsch C: Influence of overweight/obesity, socioeconomic status, and oral hygiene on caries in primary dentition. *J Investig Clin Dent* 2019, 10(2):e12394.
36. Kopycka-Kedzierawski DT, Auinger P, Billings RJ, Weitzman M: Caries status and overweight in 2- to 18-year-old US children: findings from national surveys. *Community Dent Oral Epidemiol* 2008, 36(2):157-167.
37. Hong L, Ahmed A, McCunniff M, Overman P, Mathew M: Obesity and dental caries in children aged 2-6 years in the United States: National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2002. *J Public Health Dent* 2008, 68(4):227-233.
38. Macek MD, Mitola DJ: Exploring the association between overweight and dental caries among US children. *Pediatr Dent* 2006, 28(4):375-380.
39. Chi DL, Luu M, Chu F: A scoping review of epidemiologic risk factors for pediatric obesity: Implications for future childhood obesity and dental caries prevention research. *J Public Health Dent* 2017, 77 Suppl 1:S8-s31.

40. Bernabé E, Ballantyne H, Longbottom C, Pitts NB: Early Introduction of Sugar-Sweetened Beverages and Caries Trajectories from Age 12 to 48 Months. *J Dent Res* 2020, 99(8):898-906.

4 ADIPOSITY IS NOT ASSOCIATED WITH DENTAL CARIES AMONG YOUTH IN THE UNITED STATES*

Érica Torres de Almeida Piovesan¹, Soraya Coelho Leal¹, Eduardo Bernabé²,

- 1 Department of Dentistry, Faculty of Health Science, University of Brasilia, Brasilia, Brazil
- 2 Institute of Dentistry, Queen Mary University of London, London, United Kingdom

ABSTRACT

Background: The body mass index has been traditionally used to determine the nutritional status of children in studies on obesity and dental caries. Imaging methods provide a superior assessment of body fat. This study investigated the relationship between measures of adiposity and dental caries in permanent teeth in children and adolescents. **Methods:** 5694 participants in the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2011-2018, aged 8 to 19 years, were included in the analysis. The body fat percentage (BF%) and fat mass index (FMI) were determined from whole-body dual-energy X-ray absorptiometry scans. Excess adiposity was defined as a sex-and-age-specific value $\geq 75^{\text{th}}$ percentile according to the US reference standards for BF% or FMI, respectively. Dental caries was measured with the DT and DMFT indexes, prevalence of untreated dentin caries and lifetime caries prevalence. The associations between adiposity and dental caries were tested in confounder-adjusted regression models. **Results:** The FMI score was associated with the DMFT score (rate ratio: 1.03, 95%CI: 1.01-1.05) and lifetime caries prevalence (odds ratio: 1.06, 95%CI: 1.03-1.08), but the associations attenuated after adjustment for confounders. Neither the BF% score nor the presence of excess adiposity, defined according to the BF% or FMI reference standards, were associated with dental caries. **Conclusion:** No association was found between measures of adiposity and dental caries among US children and adolescents.

Practical Implications: Dental caries is a multifactorial disease and any observed association between obesity and dental caries is most likely due to the shared determinants and risk factors of both conditions.

Keywords: dental caries; adipose tissue; obesity; cross-sectional studies; child; adolescent.

*Artigo aceito para publicação no *Journal of American Dental Association* em 30 de julho de 2023.

INTRODUCTION

Obesity and dental caries are serious global health problems, which are very common in childhood and adolescence, and can impact their future health significantly.¹ The global prevalence of overweight/ obesity among 5-19-year-olds was 18% in 2016,² amounting to over 340 million cases.³ Similarly, the global prevalence of untreated dental caries among 5-19-year-olds was 25.4% in 2019, amounting to 449 million cases.⁴ In the United States (US), untreated caries in permanent teeth has been decreasing in children but remains high later in adolescents where nearly 22% of 16-19-year-olds have untreated dental caries.⁵

The potential obesity-caries relationship has been extensively reviewed, with recent systematic reviews reporting conflicting findings.⁶⁻¹² There is a general recommendation for new studies with stronger designs, more accurate assessments for obesity and dental caries, and more stringent control of well-known confounders, such as the consumption of added sugars and the family's socioeconomic circumstances.¹⁰⁻¹² In most primary studies, the body mass index (BMI) was traditionally used to determine childhood obesity. However, the BMI is not without limitations. The BMI is not able to distinguish between fat mass and lean body mass, it does not identify fat distribution in the body and it may not be equally valid across gender, race/ethnicity and age groups (this last limitation is especially important among adolescents given bodily changes experienced during puberty).^{13,14} In addition, there are differences in the international standards to define childhood obesity from BMI values,¹⁵ which affect whether an association between obesity and dental caries is identified.¹⁶

Imaging methods to determine body fat have been available for many years,¹⁷ but they are not commonly used in epidemiological settings due to their high implementation costs.^{17,18} However, they are important to determine the accuracy of anthropometric methods.^{18,19} Two common indicators of adiposity are the body fat percentage (BF%) and the fat mass index (FMI).¹⁹ Only two studies explored the association between adiposity (determined using imaging methods) and dental caries.^{20,21} The first study recruited 106 6-12-year-old patients from a pediatric dental hospital in Rome (Italy). The authors found that obese children (BF% > 95th percentile according to the McCarthy cut-offs) had higher DMFT scores than normal weight and pre-obese children (BF%: 2nd-84th and 85th-95th percentiles, respectively). However, findings were reported

without adjustment for confounders.²⁰ The second study was carried out among 202 14-17-year-old adolescents in Kuopio (Finland) who participated in an intervention study targeting physical activity and nutrition. The BF% was not associated with the prevalence of untreated caries in crude or adjusted models.²¹

Given information on the relationship between adiposity and dental caries is very limited, studies from different countries and populations could inform new research directions in this area. The purpose of the present study is to investigate the relationship between measures of adiposity and dental caries in permanent teeth in children and adolescents living in the US.

METHODS

Data source

The National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) is a national survey of the non-institutionalized US population. This cross-sectional analysis used public data from NHANES 2011-12, 2013-14, 2015-16 and 2017-18 cycles. In every cycle, households were selected through multistage probability sampling and members invited to an interview at home. Participants were then invited to undertake physical and laboratory examinations at a mobile examination center (MEC). The National Center for Health Statistics (NCHS) Ethics Review Board (ERB) approved the NHANES protocol and written informed consent from participating adults or parent/legal guardians of minors was obtained at enrolment. Additional information on survey design and administration can be found elsewhere.²²

Outcome variable

Dental caries was the dependent variable in the analysis. Trained examiners inspected the condition of all teeth (excluding third molars) using visual and tactile criteria. The NHANES assessment for dental caries was conducted using the Radike's method to provide information to build the DMFT index. Incipient or white spot carious lesions were not part of the assessment.²³ The inter-examiner Kappa scores were 0.93 and 0.96 for dental caries in permanent dentition.²⁴ Four caries indicators were derived, namely the number of decayed teeth (DT score), the number of decayed, missing and filled teeth (DMFT score), the prevalence of untreated dentin caries lesions (defined as a DT score > 0) and lifetime caries prevalence (defined as a DMFT score > 0).

Key exposure variable

Measures of adiposity were obtained from whole-body dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) scans acquired on Hologic QDR-4500A fan-beam densitometers (Hologic Inc., Bedford, MA) by trained radiology technologists. Detailed documentation of the DXA scans is available in NHANES body composition procedures manual.²⁵ The BF% was estimated as total body fat mass (kg)/total body mass (kg) X 100 whereas the FMI was estimated as total body fat mass (kg)/height (m²). Reference standards for BF% and FMI exist for use with US children and adolescents.^{26,27} Although there is no universally accepted cut-off point to define excess adiposity using DXA body composition data, the 75th percentile of the sex-and-age distribution of BF%²⁸ and the 75th percentile of the sex-and-age distribution of FMI²⁷ were used to identify excess adiposity in previous studies.^{26,27} Therefore, we first analyzed BF% and FMI as continuous scores, and subsequently, using the 75th percentile in the BF% and FMI reference standards to define excess adiposity.

Confounding variables

A number of confounders of the association between obesity and dental caries were also included in the analysis. The socioeconomic circumstances of the child's family were assessed with the ratio of family income to the federal poverty threshold (hitherto refer to as poverty-income ratio) and the highest level of education achieved by the household reference person. Child factors included were demographic characteristics (age, sex and race/ethnicity), intake of added sugars and total energy intake (kcal/day). Data on all foods and beverages consumed and their caloric content, including their respective US Department of Agriculture's (USDA) Food and Nutrient Database for Dietary Studies (FNDDS) code,²⁹ were obtained through a 24-hour dietary recall done by trained interviewers in the MEC. FNDDS codes of foods and beverages were converted to their corresponding amount (g) of added sugars using the USDA Food Patterns Equivalent Database (FPED) for every NHANES cycle.³⁰ The quartiles of added sugars intake were derived.

Statistical analysis

All analyses were done in Stata (StataCorp, College Station, TX), incorporating the survey stratification, clustering and weights. First, the Chi-squared test and the unpaired t-test were used to compare the characteristics of participants included and

excluded from the analysis (due to missing data). Second, negative binomial regression was used to compare the DT and DMFT scores whereas binary logistic regression was used to compare the prevalence of untreated caries and lifetime caries prevalence according to confounders. Similarly, linear regression was used to compare the BF% and FMI scores whereas binary logistic regression was used to compare the prevalence of excess adiposity (defined according to each indicator of adiposity) according to confounders.

The associations of each indicator of adiposity (BF%, excess adiposity defined as $BF\% \geq 75^{\text{th}}$ percentile, FMI and excess adiposity defined as $FMI \geq 75^{\text{th}}$ percentile) with the DT and DMFT scores were tested in separate negative binomial regression models. Crude and confounder-adjusted rate ratios (RR) were therefore reported. Intake of added sugars was adjusted for total energy intake using the standard multivariate approach.³¹ The same pair of crude and adjusted models were presented to test the association of each indicator of adiposity with the prevalence of untreated caries and lifetime caries prevalence using binary logistic regression. Odds ratios (ORs) were thus reported.

RESULTS

A total of 8289 children and adolescents, aged 8 to 19 years, participated in NHANES 2011-18. After exclusions, 5694 participants were included in the analysis (Figure 1).

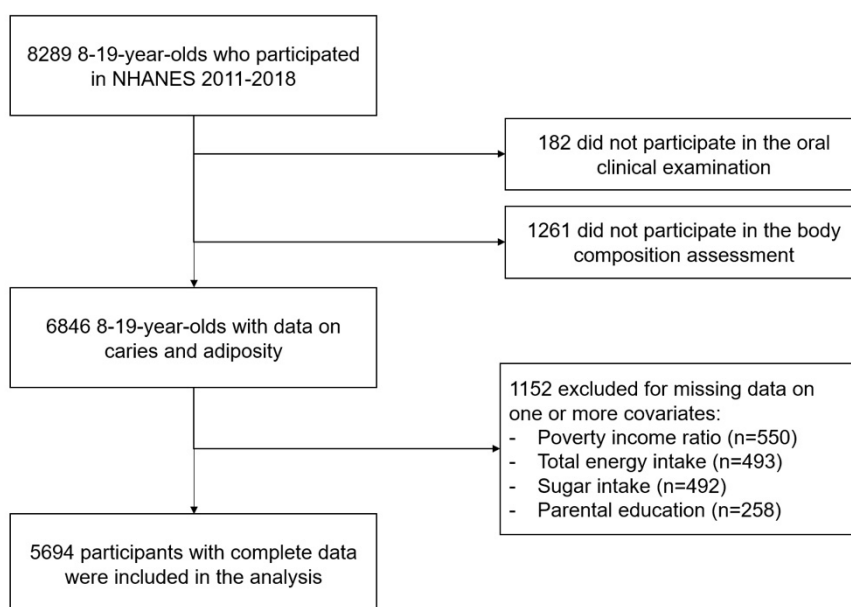


Figure 1. Flowchart describing the selection of NHANES participants for the present study.

Participants excluded because of missing values were older, from ethnic minority groups and had less educated parents than those included in the analysis. Excluded participants also had higher DMFT scores (Supplemental Table 1).

Differences by age, race/ethnicity, poverty income ratio and parental education for the 4 measures of dental caries used in this study are consistent to previously reported studies. In addition, children and adolescents with higher intake of added sugars had greater DT score, DMFT score, prevalence of untreated dentin caries and lifetime caries prevalence than those with lower intake (Table 1). As for indicators of adiposity, the BF% score, FMI score and prevalence of excess adiposity were higher among Hispanic children and adolescents, those with less educated parents and those in households with lower poverty income ratios. Girls and children and adolescents with lower intake of added sugars had higher BF% and FMI scores. Finally, the BF% score was higher among younger children whereas the FMI score was higher among older adolescents (Table 2).

Table 1. Comparison of dental caries indicators among 8-19-year-olds by covariates ($n = 5694$).

	DT score		DT>0		DMFT score		DMFT>0	
	Mean	(SD)	n	%	Mean	(SD)	n	%
<i>Child sex</i>								
Boys	0.31	(1.09)	362	12.4	1.72	(2.75)	1236	42.7
Girls	0.27	(0.89)	341	12.0	1.93	(2.85)	1287	46.6
<i>P value</i> ^a	0.427		0.805		0.049		0.040	
<i>Child age</i>								
8-11 years	0.12	(0.52)	150	6.8	0.54	(1.22)	532	22.5
12-15 years	0.27	(0.93)	243	11.6	1.85	(2.58)	903	48.7
16-19 years	0.49	(1.30)	310	18.6	3.15	(3.40)	1088	63.6
<i>P value for trend</i>	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	
<i>Child race/ethnicity</i>								
Non-Hispanic White	0.28	(0.71)	194	11.6	1.69	(2.01)	650	41.7
Non-Hispanic Black	0.34	(1.42)	201	15.0	1.94	(3.92)	606	46.4
Hispanic	0.33	(1.29)	228	13.1	2.12	(3.36)	887	51.9
Asian	0.16	(0.87)	45	8.2	1.53	(3.94)	231	38.2
Other	0.24	(1.05)	35	10.3	1.76	(2.98)	149	43.7
<i>P value</i>	0.022		0.027		0.008		0.002	
<i>Poverty income ratio</i>								
<1.00	0.41	(1.38)	271	16.0	2.26	(3.42)	928	52.6
1.00-1.99	0.38	(1.24)	231	15.3	2.23	(3.36)	751	50.4
2.00-2.99	0.34	(1.06)	106	15.3	1.72	(2.45)	356	46.9
≥3	0.12	(0.45)	95	6.1	1.28	(2.05)	488	34.0
<i>P value for trend</i>	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	
<i>Parental education</i>								
Below high school	0.49	(1.43)	224	19.3	2.68	(3.70)	737	59.4
High school	0.29	(1.04)	381	12.3	1.82	(2.77)	1379	45.0
Above high school	0.14	(0.51)	98	6.8	1.20	(2.05)	407	33.2
<i>P value for trend</i>	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	
<i>Child intake of added sugars (g/day)</i>								
Q1 (0-0.40)	0.24	(0.78)	80	12.4	1.68	(2.76)	279	40.4
Q2 (0.40-0.84)	0.24	(0.86)	114	9.8	1.41	(2.39)	446	38.0
Q3 (0.85-1.58)	0.23	(0.87)	191	10.7	1.60	(2.67)	730	40.4
Q4 (1.59-145.2)	0.38	(1.21)	318	14.8	2.29	(3.07)	1068	53.2
<i>P value for trend</i>	0.020		0.099		<0.001		<0.001	
<i>Total energy intake (kcal/day)</i>								
Q1 (0-1420)	0.32	(0.98)	653	14.2	1.97	(2.85)	193	48.3
Q2 (1421-1911)	0.23	(0.87)	603	10.3	1.58	(2.70)	165	39.2
Q3 (1912-2544)	0.25	(0.80)	638	11.4	1.68	(2.56)	164	42.6
Q4 (2545-13687)	0.37	(1.29)	629	13.2	2.10	(3.07)	181	49.1
<i>P value for trend</i>	0.451		0.750		0.392		0.548	

DT: number of decayed teeth; DMFT: number of decayed, missing and filled teeth; DT>0: prevalence of untreated caries; DMFT>0: lifetime caries prevalence. Q1-Q4: quartile 1 to quartile 4.

^a Groups were compared using crude negative binomial regression models for the DT and DMFT scores and crude binary logistic regression models for DT>0 and DMFT>0, respectively.

Table 2. Comparison of indicators of adiposity among 8-19-year-olds by covariates ($n = 5694$).

	BF% score		BF% \geq p75 th		FMI score		FMI \geq p75 th	
	Mean	(SD)	n	%	Mean	(SD)	n	%
<i>Child sex</i>								
Boys	26.37	(7.66)	853	28.7	6.13	(3.10)	952	32.1
Girls	33.64	(6.50)	805	27.8	7.96	(3.56)	893	30.3
<i>P value</i> ^a	<0.001		0.587		<0.001		0.296	
<i>Child age</i>								
8-11 years	30.69	(7.23)	631	28.1	6.22	(2.87)	691	31.3
12-15 years	29.89	(8.00)	552	29.6	7.21	(3.42)	639	33.7
16-19 years	29.06	(8.27)	475	27.1	7.67	(3.75)	515	28.7
<i>P value</i>	0.001		0.654		<0.001		0.282	
<i>Child race/ethnicity</i>								
Non-Hispanic White	29.46	(5.63)	468	25.7	6.75	(2.43)	498	27.6
Non-Hispanic Black	28.16	(11.59)	315	22.9	7.01	(5.41)	402	29.1
Hispanic	31.82	(9.09)	645	37.7	7.73	(4.03)	707	41.5
Asian	29.87	(10.40)	119	23.4	6.40	(3.78)	114	23.2
Other	30.20	(8.91)	111	30.7	7.12	(3.63)	124	35.1
<i>P value</i>	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	
<i>Poverty income ratio</i>								
<1.00	30.82	(9.40)	571	33.0	7.55	(4.20)	632	36.1
1.00-1.99	30.19	(8.74)	530	32.8	7.20	(3.80)	586	34.9
2.00-2.99	29.90	(7.37)	217	25.1	7.01	(3.30)	257	31.0
\geq 3	29.04	(6.41)	340	23.4	6.53	(2.65)	370	25.5
<i>P value for trend</i>	0.001		<0.001		<0.001		<0.001	
<i>Parental education</i>								
Below high school	31.14	(8.75)	447	32.5	7.51	(3.86)	508	36.9
High school	30.04	(8.17)	955	30.5	7.23	(3.63)	1062	33.4
Above high school	28.69	(6.58)	256	20.7	6.23	(2.61)	275	22.6
<i>P value for trend</i>	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	
<i>Child intake of added sugars</i>								
Q1 (0-0.40)	30.85	(8.38)	214	32.5	7.54	(3.80)	238	34.7
Q2 (0.40-0.84)	30.56	(7.28)	354	29.2	6.84	(3.00)	374	30.0
Q3 (0.85-1.58)	30.42	(7.79)	517	29.7	7.16	(3.50)	581	33.2
Q4 (1.59-145.2)	28.77	(8.12)	573	25.3	6.84	(3.51)	652	29.2
<i>P value for trend</i>	<0.001		0.054		0.048		0.221	
<i>Total energy intake (kcal/day)</i>								
Q1 (0-1420)	32.08	(7.89)	465	31.7	7.83	(3.78)	509	34.6
Q2 (1421-1911)	30.85	(7.72)	467	32.0	7.26	(3.58)	519	34.5
Q3 (1912-2544)	29.76	(7.55)	430	28.6	6.79	(3.19)	454	30.6
Q4 (2545-13687)	26.79	(7.66)	296	20.3	6.19	(3.02)	363	25.0
<i>P value for trend</i>	<0.001		<0.001		<0.001		0.001	

BF%: body fat percentage; FMI: Fat mass index; p75th: 75th percentile of the reference standards.

^a Unordered groups were compared using the Chi-square test whereas ordered groups were compared using the Chi-square test for linear trends.

Table 3 shows the association of each indicator of adiposity (BF% score, excess adiposity defined as BF% \geq 75th percentile, FMI score and excess adiposity defined as FMI \geq 75th percentile) with the DT and DMFT scores. Only the FMI score was associated with the DMFT score in the crude model (Rate Ratio: 1.03, 95%CI: 1.01-1.05). However, this association was attenuated after adjustment for confounders (RR: 0.99, 95% CI: 0.97-1.01). Similar results were found when modelling the prevalence of untreated dentin caries and lifetime caries prevalence (Table 4). Only the FMI score was associated with the lifetime caries prevalence in the crude model (Odds Ratio: 1.06, 95% CI: 1.03-1.08), but this association was attenuated after adjustment for confounders (OR: 1.00, 95% CI: 0.98-1.03).

Table 3. Models for the association of indicators of adiposity with the number of decayed teeth (DT) and number of decayed, missing and filled teeth (DMFT) among 8-19-year-olds ($n = 5694$).

	Mean	(SD)	CRR [95% CI]	ARR [95% CI]
Outcome: DT score				
<i>BF% score</i>			0.99 [0.97-1.01]	1.00 [0.98-1.01]
<i>BF%\geqp75th</i>				
Normal weight	0.29	(1.01)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Excess adiposity	0.30	(0.98)	1.07 [0.80-1.39]	1.05 [0.84-1.32]
<i>FMI score</i>			1.02 [0.98-1.06]	1.00 [0.97-1.03]
<i>FMI%\geqp75th</i>				
Normal weight	0.28	(1.01)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Excess adiposity	0.30	(0.96)	1.07 [0.80-1.43]	1.05 [0.83-1.34]
Outcome: DMFT score				
<i>BF% score</i>			1.00 [0.99-1.00]	0.99 [0.98-1.00]
<i>BF%\geqp75th</i>				
Normal weight	1.81	(2.79)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Excess adiposity	1.84	(2.81)	1.02 [0.87-1.18]	0.99 [0.85-1.15]
<i>FMI score</i>			1.03 [1.01-1.05]*	0.99 [0.97-1.01]
<i>FMI%\geqp75th</i>				
Normal weight	1.83	(2.81)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Excess adiposity	1.80	(2.77)	0.99 [0.84-1.15]	0.97 [0.82-1.14]

CRR: crude rate ratio; ARR: adjusted rate ratio.

^a Estimates correspond to rate ratios from negative binomial regression models. ARR estimates were adjusted for child's sex, age in years, race/ethnicity, intake of added sugars (quartiles) and total energy intake (continuous) as well as parental education and poverty income ratio category.

* $p < 0.05$

Table 4. Models for the association of indicators of adiposity with the prevalence of untreated caries (DT>0) and lifetime caries prevalence (DMFT>0) among 8-19-year-olds ($n = 5694$).

	n	%	COR [95% CI]	AOR [95% CI]
Outcome: Prevalence of DT>0				
<i>BF% score</i>			1.00 [0.99-1.01]	1.00 [0.99-1.02]
<i>BF% at 75th percentile</i>				
Normal weight	481	11.83	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Excess adiposity	222	13.16	1.13 [0.90-1.41]	1.10 [0.87-1.39]
<i>FMI score</i>			1.03 [1.01-1.06]	1.00 [0.98-1.03]
<i>FMI% at 75th percentile</i>				
Normal weight	458	11.72	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Excess adiposity	245	13.27	1.15 [0.95-1.39]	1.12 [0.91-1.36]
Outcome: DMFT>0				
<i>BF% score</i>			1.00 [0.99-1.01]	1.00 [0.99-1.01]
<i>BF%\geqp75th</i>				
Normal weight	1774	43.68	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Excess adiposity	749	46.92	1.14 [0.96-1.36]	1.11 [0.91-1.36]
<i>FMI score</i>			1.06 [1.03-1.08]*	1.00 [0.98-1.03]
<i>FMI\geqp75th</i>				
Normal weight	1687	43.98	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Excess adiposity	836	45.96	1.08 [0.92-1.27]	1.04 [0.86-1.27]

COR: crude odds ratio; AOR: adjusted odds ratio.

^a Estimates correspond to odds ratios from binary logistic regression models. AOR estimates were adjusted for child's sex, age in years, race/ethnicity, intake of added sugars (quartiles) and total energy intake (continuous) as well as parental education and poverty income ratio category.

* $p < 0.05$

DISCUSSION

This study found no evidence of an association between adiposity and dental caries in permanent teeth among US children and adolescents. This finding was consistent across the multiple indicators of adiposity and dental caries evaluated in this study. Although the FMI score was associated with the DMFT score and the lifetime caries prevalence, these associations were accounted for by the family's socioeconomic circumstances and the child's demographic factors and consumption of added sugars. Our findings on the association between the BF% and dental caries are consistent with a previous study in Finnish children.²¹ Furthermore, we found an association between adiposity and dental caries when using the FMI (albeit in crude models only) but not the BF%. This could be because the BF% does not consider height or lean body mass.¹⁷ The use of compartment-specific indexes normalized to height, such as the FMI and the fat-free mass index, have been proposed to address these issues. They are considered more accurate and result in fewer misclassifications than either BMI or

BF%.²⁷ There are no widely accepted FMI and BF% cut-off values for undernutrition and obesity in childhood and adolescence and this may be one reason why we found no association between dental caries and excess adiposity defined as BF% or FMI \geq 75th percentile. This cut-off is not biologically determined, and more research is required to identify thresholds that relate to health and disease in children and adolescents.

The present findings challenge a couple of recent systematic reviews concluding that there is an association between obesity and dental caries in permanent teeth.^{6,7} This seemingly contradicting findings could be explained by the misclassification of childhood adiposity that occurs when using the BMI compared to the DXA. Although the BMI can identify correctly excess adiposity in most US children and adolescents with severe obesity (\geq 1.20 times the 95th percentile), a large disagreement was observed in those with overweight and obesity.³² In the current study though, the adjusted associations were small in magnitude (i.e., very close to the null value of 1). This was especially true when using the continuous forms of the BF% and FMI.

The strengths of this study are the large sample of children and adolescents, the use of DXA scans to determine body composition, the multiple indicators of both adiposity and dental caries and the adjustment for relevant sources of confounding. However, some limitations of this study should be considered when interpreting the findings. First, we analyzed cross-sectional data and cannot make any causal claims. Second, we excluded some participants from our analysis because of missing data on adiposity, dental caries or confounders. Although there were some differences between participants included and excluded from the analysis, these were minor and unlikely to affect the generalizability of the present findings to the study population. Third, our findings are restricted to the US context and children and adolescents aged 8 to 19 years. Whether the same set of associations is found in alternative settings, particularly in low-and-middle-income countries, and among younger children remains unclear. Due to the onset of obesity and dental caries at earlier ages, our findings await confirmation from new studies in younger children, including those with primary teeth only (preschoolers). Finally, some important determinants of adiposity, such as physical activity and sexual maturation, were not included in this analysis. However, these factors are not causally associated with dental caries, and therefore, they cannot be considered as confounders of the association between adiposity and dental caries. Our estimates were adjusted for common causes of both conditions.

Given our study found no association between adiposity and dental caries in permanent teeth among US children and adolescents and adds to the growing body of conflicting information on this topic, more research is needed. As a summary, we echo recent recommendations for (i) prospective studies to clarify the temporal ordering between obesity and caries, (ii) conducted in alternative settings to generalize findings across the different stages of the epidemiologic and nutrition transitions, and (iii) including multiple assessments of adiposity and dental caries as well as a comprehensive assessment for established confounders.¹⁰⁻¹² The current study highlights the merit of extending research efforts beyond assessment of the obesity-dental caries association and focusing on both conditions as co-related health concerns with shared determinants.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

REFERENCES

1. World Dental Federation. The challenge of oral disease - A call for global action. Geneva: FDI World Dental Federation; 2015.
2. NCD Risk Factor Collaboration. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. *Lancet* 2017;390:2627-42.
3. World Health Organization. Fact sheet: Overweight and obesity. Geneva: World Health Organization; 2020.
4. Bernabe E, Marcenes W, Hernandez CR, et al. Global, Regional, and National Levels and Trends in Burden of Oral Conditions from 1990 to 2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease 2017 Study. *J Dent Res* 2020;99:362-73.
5. National Institute of Health. Oral Health in America: Advances and Challenges. Bethesda, MD: US Department of Health and Human Services, National Institutes of Health, National Institute of Dental and Craniofacial Research; 2021.
6. Hooley M, Skouteris H, Boganin C, Satur J, Kilpatrick N. Body mass index and dental caries in children and adolescents: a systematic review of literature published 2004 to 2011. *Syst Rev* 2012;1:57.
7. Hayden C, Bowler JO, Chambers S, et al. Obesity and dental caries in children: a systematic review and meta-analysis. *Community Dent Oral Epidemiol* 2013;41:289-308.
8. Silva AE, Menezes AM, Demarco FF, Vargas-Ferreira F, Peres MA. Obesity and dental caries: systematic review. *Rev Saude Publica* 2013;47:799-812.
9. Li LW, Wong HM, Peng SM, McGrath CP. Anthropometric measurements and dental caries in children: a systematic review of longitudinal studies. *Adv Nutr* 2015;6:52-63.
10. Chen D, Zhi Q, Zhou Y, et al. Association between Dental Caries and BMI in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Caries Res* 2018;52:230-45.
11. Paisi M, Kay E, Bennett C, et al. Body mass index and dental caries in young people: a systematic review. *BMC Pediatr* 2019;19:122.
12. Silveira MG, Schneider BC, Tillmann TF, Silva AE. Excess Weight and Dental Caries throughout Childhood and Adolescence: Systematic Review of Longitudinal Studies. *Int J Clin Pediatr Dent* 2022;15:691-98.
13. Willett W, Hu F. Anthropometric measures and body composition. In: Willett W, editor. *Nutritional epidemiology*. 3rd ed. Oxford: Oxford University Press; 2015. p. 213-40.
14. Buss J. Limitations of body mass index to assess body fat. *Workplace Health Saf* 2014;62:264.
15. Llorca-Colomer F, Murillo-Llorente MT, Legidos-García ME, Palau-Ferré A, Pérez-Bermejo M. Differences in Classification Standards For the Prevalence of Overweight and Obesity in Children. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Epidemiol* 2022;14:1031-52.
16. Piovesan ÉTA, Leal SC, Bernabé E. The Relationship between Obesity and Childhood Dental Caries in the United States. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19.
17. Norgan NG. Laboratory and field measurements of body composition. *Public Health Nutr* 2005;8:1108-22.

18. Jensen NS, Camargo TF, Bergamaschi DP. Comparison of methods to measure body fat in 7-to-10-year-old children: a systematic review. *Public Health* 2016;133:3-13.
19. Zanini Rde V, Santos IS, Chrestani MA, Gigante DP. Body fat in children measured by DXA, air-displacement plethysmography, TBW and multicomponent models: a systematic review. *Matern Child Health J* 2015;19:1567-73.
20. Costacurta M, Di Renzo L, Bianchi A, et al. Obesity and dental caries in paediatric patients. A cross-sectional study. *Eur J Paediatr Dent* 2011;12:112-6.
21. Methuen M, Kauppinen S, Suominen AL, et al. Dental caries among Finnish teenagers participating in physical activity and diet intervention: association with anthropometrics and behavioural factors. *BMC Oral Health* 2021;21:333.
22. Akinbami LJ, Chen TC, Davy O, et al. National Health and Nutrition Examination Survey, 2017-March 2020 Prepandemic File: Sample Design, Estimation, and Analytic Guidelines. *Vital Health Stat 1* 2022:1-36.
23. Dye BA, Hsu KL, Afful J. Prevalence and Measurement of Dental Caries in Young Children. *Pediatr Dent* 2015;37:200-16.
24. Dye BA, Afful J, Thornton-Evans G, Iafolla T. Overview and quality assurance for the oral health component of the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), 2011-2014. *BMC Oral Health* 2019;19:95.
25. Centers for Disease Control and Prevention. National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) body composition procedures manual. Hyattsville, MD: U.S. Department of Health and Human Services, National Center for Health Statistics (NCHS), Centers for Disease Control and Prevention; 2018.
26. Ogden CL, Li Y, Freedman DS, Borrud LG, Flegal KM. Smoothed percentage body fat percentiles for U.S. children and adolescents, 1999-2004. *Natl Health Stat Report* 2011:1-7.
27. Weber DR, Moore RH, Leonard MB, Zemel BS. Fat and lean BMI reference curves in children and adolescents and their utility in identifying excess adiposity compared with BMI and percentage body fat. *Am J Clin Nutr* 2013;98:49-56.
28. Flegal KM, Ogden CL, Yanovski JA, et al. High adiposity and high body mass index-for-age in US children and adolescents overall and by race-ethnic group. *Am J Clin Nutr* 2010;91:1020-6.
29. Bowman SA, Clemens JC, Shimizu M, Friday JE, Moshfegh AJ. Food Patterns Equivalents Database 2015–2016: Methodology and User Guide [online]. Beltsville, Maryland Food Surveys Research Group, Beltsville Human Nutrition Research Center, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture; 2018.
30. Bowman SA. Added sugars: Definition and estimation in the USDA Food Patterns Equivalents Databases. *J Food Compos Anal* 2017;64:64-67.
31. Willett WC, Howe GR, Kushi LH. Adjustment for total energy intake in epidemiologic studies. *Am J Clin Nutr* 1997;65:1220S-28S; discussion 29S-31S.
32. Ryder JR, Kaizer AM, Rudser KD, Daniels SR, Kelly AS. Utility of Body Mass Index in Identifying Excess Adiposity in Youth Across the Obesity Spectrum. *J Pediatr* 2016;177:255-61.e2.

5 DISCUSSÃO

A obesidade e a cárie dentária são questões de crescente preocupação no âmbito da saúde pública. Embora ambas condições sejam potencialmente evitáveis, elas representam dois dos problemas mais comuns entre a população infantil hoje em dia (1-3). O forte impacto negativo que estas causam na saúde física e emocional da criança, além do fato de terem efeitos ao longo da vida, torna importante que sejam combatidas em um estágio inicial e, idealmente, impedidas de se instalarem (4). No entanto, para que se possa desenvolver estratégias ou programas de intervenção efetivos, é importante observar as duas condições sob uma perspectiva conjunta, na tentativa de identificar se e quais fatores tendem a atuar sinergicamente influenciando tanto o desenvolvimento da cárie quanto da obesidade.

Este doutorado, dividido em três partes, investigou a possível associação entre as duas condições na infância e adolescência, além de alguns determinantes que parecem influenciar a ocorrência de ambas. As análises utilizadas nesta tese podem servir de modelo para estudos prospectivos que examinem a associação entre cárie e obesidade na infância e adolescência em nível regional, nacional e internacional. Adicionalmente, espera-se que os resultados deste estudo reforcem o papel da universidade como geradora de conhecimento que, colaborando para minimizar as desigualdades em saúde em regiões de baixa renda.

Abaixo, é apresentado um resumo dos resultados das três partes deste doutorado, juntamente com análises críticas e implicações que estes têm para a prática. Recomendações e conclusões baseadas nos achados e na literatura atual também são apresentados.

5.1 DISCUSSÃO GERAL

5.1.1 Relação entre obesidade e cárie dentária

O principal objetivo deste trabalho de doutorado foi explorar a associação entre obesidade na infância/adolescência e cárie dentária. A análise dos dados do estudo conduzido em duas localidades carentes do Distrito Federal mostrou que apenas a categoria de obesidade do escore Z do IMC foi associada à prevalência de cárie não tratada e nenhum dos outros indicadores usados, incluindo a prevalência e a gravidade da cárie dentária, foi associado ao escore Z do IMC das crianças em modelos brutos ou ajustados. Em relação aos dados NHANES de crianças de 2 a 5 anos, em modelos brutos, a obesidade foi associada a valores mais elevados de cárie dentária não tratada ao se aplicar os padrões da IOTF, mas não os da OMS e do CDC; a obesidade foi associada à experiência de cárie mais elevada ao usar os padrões da OMS, CDC e IOTF; a obesidade foi associada à prevalência de cárie ao longo da vida ao usar os padrões da OMS, CDC e IOTF, mas não com a prevalência de cárie não tratada. Porém, essas associações foram totalmente atenuadas após o controle dos fatores de confusão investigados: demográficos, nível socioeconômico familiar e ingestão de açúcares adicionados. Em crianças e adolescentes de 8 a 19 anos, o IMG foi associado ao valor do CPOD e à prevalência de cárie ao longo da vida, mas as associações foram atenuadas após o ajuste para fatores de confusão. Nem o escore do percentual de gordura (%G) nem a presença de excesso de adiposidade, definido de acordo com os padrões de referência do %G ou do IMG, foram associados à cárie dentária. Revisões sistemáticas também mostraram que quando o IMC é usado para definir obesidade, a associação identificada entre obesidade e cárie não é consistente (5-7). Nossos achados concordam com outros estudos (8-10) que também mostraram que a obesidade medida pelo IMC não estava associada à cárie dentária.

Uma possível explicação para essas observações pode ser o fato de que, em alguns estudos, as variáveis de confusão não foram consideradas nas análises, como destacado por algumas revisões sistemáticas (5, 6, 11). Muitos estudos que investigaram a associação entre ambas condições falharam em considerar potenciais

fatores que estão relacionados ou afetam ambas as condições como por exemplo, nível socioeconômico, dieta e hábitos de saúde bucal (5, 6, 11). Além disso, há de se considerar o fato de que a duração que os participantes sofrem de excesso de peso pode afetar a relação entre cárie e obesidade (5) e, portanto, estudos longitudinais são mais adequados para examinar a associação entre as duas condições. Resultados conflitantes também podem ser explicados, em parte, por fatores que incluem, entre outros: diferença na idade dos participantes, metodologia de medição tanto da cárie quanto da obesidade, sensibilidade dos exames, metodologia de amostragem, cenário do estudo, população estudada e prevalência subjacente das duas condições (5, 6, 12-14).

Tem sido sugerido que a cárie dentária pode estar relacionada à obesidade central (acúmulo de gordura na região abdominal, indicada pela espessura da dobra cutânea), e não à obesidade geral (determinada pelo IMC). Em um estudo conduzido em Hong Kong com crianças de 12 anos, por exemplo, apenas a obesidade central e periférica (acúmulo de gordura nas coxas, quadril e nádegas) foram relacionadas à experiência de cárie na infância (10). No entanto, em outro estudo com crianças de cinco anos, a cárie dentária se relacionou com a geral (quando determinada pela relação peso/altura) e central, mas não com a obesidade medida pela dobra cutânea do tríceps (9). Esses achados sugerem que a medida utilizada para definir obesidade pode afetar a associação entre esta e a cárie dentária. Os resultados do nosso estudo suportam tal hipótese, bem como o papel que a definição de obesidade e cárie exerce nessa relação.

Considerando o que foi mencionado acima, bem como os resultados conflitantes de revisões sistemáticas (5-7, 14-19), é possível especular que as duas condições podem não estar diretamente relacionadas, mas simplesmente coexistam, compartilhando fatores etiológicos comuns. A cárie dentária é uma doença multifatorial, modulada pela higiene bucal, composição e frequência da dieta, status socioeconômico, imunoglobulinas salivares, carga bacteriana e ingestão de flúor, entre outros fatores (20-26). A obesidade, por sua vez, é uma doença na qual a ingestão de energia da dieta excede as necessidades energéticas do corpo, resultando em excesso de gordura corporal. Mudanças ambientais e estilo de vida que promovem aumento da ingestão de energia e diminuição da produção de energia têm um impacto generalizado nas crianças, resultando nos recentes aumentos na

prevalência de sobrepeso e obesidade observados na população infantil (27). Como a dieta tem um papel muito significativo na etiologia da cárie dentária, este é, claramente, um fator de risco para ambas as condições. Por exemplo, foi demonstrado que crianças que consumiam mais refrigerantes em relação ao leite e suco 100% de frutas corriam maior risco de desenvolver lesões cáries durante a fase de crescimento (28). Nesse contexto, é extremamente importante que mais pesquisas que investiguem as relações entre cárie dentária e diferentes tipos de obesidade ao longo da vida sejam conduzidas. Novamente, estudos longitudinais das duas condições seriam particularmente informativos.

5.1.2 Implicações para a prática

Foi possível observar que os achados desta tese variaram conforme a definição tanto de obesidade quanto de cárie dentária. Por exemplo, uma associação entre ambas condições foi encontrada quando a obesidade foi definida usando os padrões da IOTF, mas não usando os limites do CDC ou da OMS, e quando a cárie dentária foi definida usando indicadores cumulativos, mas não indicadores de doença atual não tratada. Em relação à definição de obesidade, a maior prevalência foi encontrada com os padrões do CDC, que foram elaborados especificamente para crianças americanas, seguidos pelos padrões da OMS e IOTF. Resultados similares já foram reportados na literatura (29, 30). Este é um dado relevante, uma vez que achados de uma revisão sistemática revelaram que os padrões da IOTF resultam numa menor prevalência de obesidade (31). Isso pode explicar, ao menos em parte, a razão pela qual uma outra revisão mostrar que obesidade e cárie dentária foram associadas ao usar os padrões do CDC, mas não ao usar os padrões da OMS (12). Do ponto de vista prático, é importante considerar que a escolha dos padrões para definir obesidade pode influenciar a decisão clínica de oferecer aconselhamento ou tratamento (31). Trabalhos recentes abriram caminho para estimativas harmonizadas baseadas em diferentes padrões (32) e podem ajudar a combinar estimativas de diferentes estudos em revisões sistemáticas da associação de obesidade com cárie dentária.

Quanto à cárie dentária, os achados foram mais consistentes ao observar os indicadores de cárie ao longo da vida, como o CPOD ou a prevalência de experiência de cárie, do que os indicadores da doença atual. Isso complica a interpretação dos achados transversais, pois a lesão cariosa pode ter surgido antes do desenvolvimento da obesidade. Além disso, se a cárie é definida quantitativamente (número de dentes afetados) ou como prevalência (% de crianças afetadas), introduz heterogeneidade nos achados e dificulta a comparação entre os estudos. Pesquisadores devem estar atentos a esse ponto ao comparar resultados de diferentes estudos ou ao reunir estimativas para realizar uma meta-análise.

A ausência de uma associação clara entre obesidade e cárie pode ser entendida como indicação de que cada condição deve ser alvo de diferentes programas preventivos. Isso também foi sugerido depois de um estudo mostrar que ser portador de cárie não era um preditor de excesso de peso ou vice-versa, em crianças de cinco a oito anos de idade que frequentavam uma clínica odontológica de referência (8). Os autores afirmaram que, com base apenas em seus resultados, pode-se argumentar que a intervenção odontológica não pode desempenhar um papel na prevenção da obesidade.

Nossos achados indicam que, embora as duas condições possam não estar diretamente relacionadas, elas compartilham determinantes comuns. Por exemplo, apesar da ausência de associação entre obesidade e cárie em crianças, o presente trabalho indicou que as duas condições são impactadas por determinantes comuns, como nível socioeconômico familiar e ingestão de açúcares adicionados. Resultados semelhantes já foram reportados na literatura (33). Isso nos sugere que ainda pode haver outros determinantes ambientais comuns que afetam comportamentos individuais que podem impactar em ambas as condições, tais como, estado de privação, consumo de álcool da mãe, idade da mãe ao nascimento da criança, amamentação da criança, bem-estar psicológico dos pais, estilo de alimentação do cuidador, etnia, prática de atividade física pela criança, sexo da criança, horas diárias de TV durante a semana da criança, bem-estar emocional e comportamental da criança, horas de sono criança por dia (34).

Levando em consideração as evidências da literatura que mostram que as intervenções voltadas apenas para comportamentos e estilos de vida individuais são ineficazes na melhoria das condições de saúde (23, 35), parece que mesmo que as

duas condições não estejam diretamente relacionadas, visar seus determinantes comuns provavelmente seria uma maneira mais eficaz de reduzir a prevalência e a gravidade das duas condições. Acredita-se que fazer isso por meio de uma abordagem multidisciplinar e combinada também pode ter um impacto positivo em outras condições crônicas (36).

O princípio fundamental na abordagem do fator de risco comum é que, ao visar alguns fatores de risco, um efeito benéfico sobre uma série de doenças pode ser alcançado com maior eficiência e eficácia e com menor custo (35). Embora os benefícios de tal abordagem possam não ser notados até mais tarde na vida, quanto mais cedo os fatores de risco forem controlados, melhores serão os resultados. Especula-se que tal abordagem permitiria que os formuladores de políticas públicas transmitissem mensagens consistentes ao público em geral e melhoraria a eficiência e a implicação de custo das intervenções para reduzir ambas as condições. Por fim, como essa abordagem visa os determinantes mais amplos de saúde e melhorar a saúde da população em geral, em especial daqueles em maior risco, é bastante provável que também reduza as desigualdades de saúde predominantes (23, 35). A importância de focar em fatores externos que influenciam o meio ambiente e as condições de vida (por exemplo, políticas de educação, açúcar, etc.) não deve ser negligenciada.

5.2 RECOMENDAÇÕES

5.2.1 Trabalho colaborativo

A primeira parte do presente projeto foi um trabalho colaborativo entre as Secretarias de Educação e Saúde do Distrito Federal e a Universidade de Brasília-UnB (Brasil). A contribuição de cada instituição foi fundamental para o desenvolvimento e implementação do projeto. Por exemplo, a Secretaria de Saúde nos forneceu os kits de higiene bucal que foram doados às crianças participantes do projeto e também apoiou a realização de exames laboratoriais que não foram tema

desta tese. A Secretaria de Educação tinha grande compreensão das barreiras e facilitadores para acessar as escolas locais e nos forneceu informações valiosas sobre as escolas, bem como dados geográficos e outros dados necessários.

Acredita-se que uma questão fundamental para a implementação bem-sucedida da pesquisa escolar seja a abordagem inicial às escolas e seu envolvimento posteriormente. Acredita-se que o fato de os diretores das escolas terem enviado uma carta convite/folha de informações do estudo aos pais e/ou responsáveis melhorou substancialmente a taxa de resposta nas escolas.

Recomendação 1: Deve ser apoiado o trabalho colaborativo entre as universidades e as Secretarias de Educação e Saúde locais.

Recomendação 2: Um memorando de acordo entre as partes interessadas e a comunidade que estão envolvidas pode aumentar os esforços da comunidade para reduzir a carga das duas condições.

A segunda e terceira parte deste estudo foi uma análise de dados secundários do NHANES, que é um programa de estudos realizado pelo CDC. A análise dos referidos dados foi feita em colaboração com a King's College London onde houve treinamento prático sobre gerenciamento de dados e análise estatística, conforme necessário, durante o período de doutorado sanduíche nesta instituição de ensino superior no exterior (Reino Unido).

Recomendação 3: Deve ser apoiado o trabalho colaborativo que promova a Internacionalização da Ciência.

5.2.2 Relações entre os acadêmicos e as escolas

Um bom relacionamento entre a universidade e as escolas foi importante na comunicação com as mesmas. Essas relações foram construídas ao longo dos anos anteriores por meio de diferentes projetos conduzidos pela Universidade de Brasília em outras escolas públicas do DF. Além disso, ao discutir o possível envolvimento da escola, ficou evidente que quanto menor a carga de trabalho que a pesquisa

representasse para o pessoal administrativo e professores, mais provável seria uma resposta positiva.

Recomendação 4: Promover boas relações entre acadêmicos e escolas da comunidade, por meio de diferentes iniciativas, pode melhorar o acesso a potenciais cenários de investigação, melhorando os níveis de envolvimento na investigação.

5.2.3 Determinantes mais amplos e comuns de obesidade e cárie

A obesidade e a cárie são mais comumente analisadas sob uma perspectiva comportamental, com muitos dos estudos examinando como as características demográficas, hábitos alimentares e de saúde bucal afetam a prevalência e/ou gravidade e a relação entre as duas condições. No entanto, vários fatores ambientais e sociais podem contribuir para a obesidade e a cárie, já que os comportamentos de estilo de vida são mais frequentemente o resultado do ambiente social e cultural do que uma simples característica do indivíduo (34, 37).

Recomendação 5: São necessárias pesquisas sobre os potenciais determinantes estruturais e sociais da obesidade e da cárie e como eles podem interagir para produzir os padrões encontrados atualmente.

Pode-se argumentar que estabelecer a direção de qualquer tipo de associação entre obesidade e cárie é importante, pois isso permitiria a identificação do padrão de comportamento causal comum, o que, por sua vez, poderia potencialmente permitir a identificação de intervenções preventivas apropriadas. No entanto, embora as duas condições possam não estar diretamente relacionadas, elas parecem compartilhar determinantes semelhantes.

Recomendação 6: Mais estudos explorando os determinantes comuns de obesidade e cárie podem auxiliar esforços futuros para abordar as duas condições.

5.2.4 Características parentais

Um elemento essencial a ser considerado em estudos de avaliação de necessidades e/ou programas de intervenção voltados para obesidade e cárie são as características e antecedentes dos pais/responsáveis. Isso ocorre porque a família pode influenciar muito o comportamento de saúde e a saúde geral das crianças (34). Além disso, os pais podem afetar significativamente a atitude das crianças em relação a comportamentos saudáveis, bem como seus hábitos alimentares e de saúde bucal em uma idade muito jovem (34). Além disso, como a disponibilidade de alimentos em casa é determinada pelas decisões dos pais, é importante entender os precursores da tomada de decisão dos pais. Entretanto, faz-se necessário descobrir maneiras de envolver a família nesse processo, uma vez que, ao menos para a população investigada, a ida dos pais à escola para conversar com a equipe de pesquisadores não se mostrou prioridade.

Recomendação 7: Os programas de prevenção e/ou intervenção voltados para o comportamento de saúde e saúde bucal de crianças devem incluir também os pais das crianças.

5.3 CONTRIBUIÇÃO

5.3.1 Dados do Distrito Federal

Por meio do projeto desenvolvido em duas localidades do DF, pôde-se melhor compreender a saúde da população no contexto local. Porém, considerando que condições semelhantes à encontrada na Estrutural e no Sol Nascente são recorrentes no Brasil, é possível que os dados sejam generalizados para outras populações. Além disso, as intervenções para manejo dos problemas levantados podem ser implementadas de acordo com a configuração dos provedores de serviços locais.

Neste sentido, é parte das tarefas da equipe de investigadores elaborar um relatório sobre as condições de saúde encontradas, a ser encaminhado às autoridades locais.

5.3.2 Dados NHANES

Para esta parte do estudo, no qual utilizamos análises de dados secundários, destacamos o mérito de estender os esforços de pesquisa além da avaliação da associação entre obesidade e cárie dentária e focar em ambos como problemas de saúde correlacionados com determinantes compartilhados.

5.5 LIMITAÇÕES

Ambos os estudos (DF e NHANES) empregaram um desenho transversal e, como resultado, foram limitados em seu poder de fazer inferências sobre qualquer relação causal entre cárie e obesidade. No entanto, o presente trabalho não teve como objetivo inferir causalidade, mas sim explorar a natureza da associação entre as duas condições.

Outra limitação foi o uso de indicadores indiretos de obesidade em duas partes do estudo. Embora o IMC seja uma medida simples e a mais recomendada para medir o peso em crianças, as desvantagens associadas aos métodos antropométricos (e analisadas em detalhes no capítulo de revisão da literatura) não podem ser negligenciadas. No entanto, é difícil empregar métodos mais precisos de avaliação da composição corporal em estudos epidemiológicos com grandes amostras devido ao seu custo e dificuldades de transporte.

Em comparação com as evidências existentes baseadas principalmente na avaliação da obesidade usando o índice de massa corporal, a terceira parte deste estudo avaliou a adiposidade como percentual de gordura corporal e o índice de massa gorda como medidas potencialmente melhores para determinar se existe uma relação entre obesidade e cárie dentária. Os dados do NHANES forneceram uma

grande amostra de dados e são um ponto forte do estudo. No entanto, as limitações incluem a exclusão de alguns participantes de nossa análise por causa da falta de dados sobre adiposidade, cárie dentária ou fatores de confusão. Embora houvesse algumas diferenças entre os participantes incluídos e excluídos da análise, elas eram pequenas e provavelmente não afetariam a generalização dos presentes achados para a população do estudo. Em segundo lugar, nossas descobertas são restritas ao contexto dos EUA e jovens de 8 a 19 anos. Ainda não está claro se o mesmo conjunto de associações é encontrado em ambientes alternativos, particularmente em países de baixa e média renda, e entre crianças mais novas. A Absorciometria de Raios-X de Dupla Energia de corpo inteiro foi administrada a participantes elegíveis da pesquisa com 8 ou mais anos de idade. Devido o surgimento de obesidade e cárie dentária em idades mais precoces, nossos achados aguardam confirmação de novos estudos em crianças mais novas, incluindo aquelas com apenas dentes decíduos.

O estudo atual destaca o mérito de estender os esforços de pesquisa além da avaliação da associação entre obesidade e cárie dentária e focar em ambos como preocupações de saúde correlatas com determinantes compartilhados.

5.6 CONCLUSÕES

A prevalência e a gravidade da cárie dentária e a prevalência de obesidade em escolares de baixa renda do Distrito Federal, foram semelhantes à prevalência de dados reportados anteriormente.

A distribuição de frequência de obesidade (conforme definido por três padrões internacionais) e cárie dentária em crianças e adolescentes americanos variou de acordo com a definição de obesidade e cárie dentária utilizada.

A relação entre obesidade e cárie em crianças e adolescentes variou de acordo com as medidas de adiposidade adotadas, bem como na definição de obesidade e cárie dentária. Além disso, as associações foram atenuadas após ajuste para os fatores de confusão.

São necessários novos métodos e novas abordagens para se avaliar a relação 'obesidade-cárie dentária'. Estudos longitudinais bem desenhados usando meios de

análise mais precisos e pontos de corte padronizados podem fornecer dados importantes na construção do conhecimento sobre o assunto.

O estudo atual demonstrou ser importante não só avaliar a associação obesidade-cárie dentária, como também focar em ambas as condições como problemas de saúde correlatos com determinantes compartilhados.

5.7 REFERÊNCIAS

1. (NCD-RisC) NRFC. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *Lancet*. 2017;390(10113):2627-42.
2. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. 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*. 2014;384(9945):766-81.
3. Bernabe E, Marcenes W, Hernandez CR, Bailey J, Abreu LG, Alipour V, et al. Global, Regional, and National Levels and Trends in Burden of Oral Conditions from 1990 to 2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease 2017 Study. *J Dent Res*. 2020;99(4):362-73.
4. Manohar N, Hayen A, Fahey P, Arora A. Obesity and dental caries in early childhood: A systematic review and meta-analyses. *Obes Rev*. 2020;21(3):e12960.
5. Kantovitz KR, Pascon FM, Rontani RM, Gavião MB. Obesity and dental caries- -A systematic review. *Oral Health Prev Dent*. 2006;4(2):137-44.
6. Li LW, Wong HM, Peng SM, McGrath CP. Anthropometric measurements and dental caries in children: a systematic review of longitudinal studies. *Adv Nutr*. 2015;6(1):52-63.
7. Alshehri YFA, Park JS, Kruger E, Tennant M. Association between body mass index and dental caries in the Kingdom of Saudi Arabia: Systematic review. *Saudi Dent J*. 2020;32(4):171-80.
8. de Jong-Lenters M, van Dommelen P, Schuller AA, Verrips EH. Body mass index and dental caries in children aged 5 to 8 years attending a dental paediatric referral practice in the Netherlands. *BMC Res Notes*. 2015;8:738.
9. Peng SM, Wong HM, King NM, McGrath C. Is dental caries experience associated with adiposity status in preschool children? *Int J Paediatr Dent*. 2014;24(2):122-30.
10. Peng SM, Wong HM, King NM, McGrath C. Association between dental caries and adiposity status (general, central, and peripheral adiposity) in 12-year-old children. *Caries Res*. 2014;48(1):32-8.
11. Angelopoulou MV, Beinlich M, Crain A. Early Childhood Caries and Weight Status: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pediatr Dent*. 2019;41(4):261-72.
12. Hayden C, Bowler JO, Chambers S, Freeman R, Humphris G, Richards D, et al. Obesity and dental caries in children: a systematic review and meta-analysis. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2013;41(4):289-308.
13. Hooley M, Skouteris H, Millar L. The relationship between childhood weight, dental caries and eating practices in children aged 4-8 years in Australia, 2004-2008. *Pediatr Obes*. 2012;7(6):461-70.

14. Silva AE, Menezes AM, Demarco FF, Vargas-Ferreira F, Peres MA. Obesity and dental caries: systematic review. *Rev Saude Publica*. 2013;47(4):799-812.
15. Paisi M, Kay E, Bennett C, Kaimi I, Witton R, Nelder R, et al. Body mass index and dental caries in young people: a systematic review. *BMC Pediatr*. 2019;19(1):122.
16. Chen D, Zhi Q, Zhou Y, Tao Y, Wu L, Lin H. Association between Dental Caries and BMI in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Caries Res*. 2018;52(3):230-45.
17. Silveira MG, Schneider BC, Tillmann TF, Silva AE. Excess Weight and Dental Caries throughout Childhood and Adolescence: Systematic Review of Longitudinal Studies. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2022;15(6):691-8.
18. Aceves-Martins M, Godina-Flores NL, Gutierrez-Gómez YY, Richards D, López-Cruz L, García-Botello M, et al. Obesity and oral health in Mexican children and adolescents: systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev*. 2022;80(6):1694-710.
19. Alshihri AA, Rogers HJ, Alqahtani MA, Aldossary MS. Association between Dental Caries and Obesity in Children and Young People: A Narrative Review. *Int J Dent*. 2019;2019:9105759.
20. Cury JA, Tenuta LM. Enamel remineralization: controlling the caries disease or treating early caries lesions? *Braz Oral Res*. 2009;23 Suppl 1:23-30.
21. Health WHOECOD, World Health O. Standardization of reporting of dental diseases and conditions : report of an Expert Committee on Dental Health [meeting held in Geneva from 14 to 20 November 1961]. Geneva: World Health Organization; 1962.
22. Leal S, Hilgert L, Duarte D. *Odontologia de Mínima Intervenção: dentes funcionais por toda a vida*. 1 ed. Nova Odessa, SP, Brasil: Quintessence Publishing Brasil; 2020. 163 p.
23. Benzian H, Williams D, editors. *The challenge of oral disease - a call for global action* Geneva: FDI World Dental Federation; 2015 [Available from: <https://www.fdiworlddental.org/oral-health-atlas>].
24. Cameron AC, Widmer RP. *Handbook of pediatric dentistry*: Elsevier Health Sciences; 2013.
25. Gupta P, Gupta N, Pawar AP, Birajdar SS, Natt AS, Singh HP. Role of sugar and sugar substitutes in dental caries: a review. *ISRN Dent*. 2013;2013:519421.
26. Agim B, Merita B, Shefqet M, Blerta Xhemajli L, Prokshi, Haliti, et al. Early Childhood Caries (ECC) — Etiology, Clinical Consequences and Prevention. In: Mandeep Singh V, editor. *Emerging Trends in Oral Health Sciences and Dentistry*. Rijeka: IntechOpen; 2015. p. Ch. 2.
27. World Health Organization. Fact sheet: Overweight and obesity: World Health Organization; 2020 [updated 9 June 2021. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>].
28. Bimstein E, Katz J. Obesity in Children:A Challenge that Pediatric Dentistry Should not Ignore – Review of the Literature. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2010;34(2):103-6.
29. Kêkê LM, Samouda H, Jacobs J, di Pompeo C, Lemdani M, Hubert H, et al. Body mass index and childhood obesity classification systems: A comparison of the French, International Obesity Task Force (IOTF) and World Health Organization (WHO) references. *Rev Epidemiol Sante Publique*. 2015;63(3):173-82.
30. Silva DAS, Martins PC, Gonçalves ECdA. Comparison of three criteria for overweight and obesity classification among adolescents from southern Brazil. *Motriz: Revista de Educação Física*. 2017;23.

31. Llorca-Colomer F, Murillo-Llorente MT, Legidos-García ME, Palau-Ferré A, Pérez-Bermejo M. Differences in Classification Standards For the Prevalence of Overweight and Obesity in Children. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Epidemiol.* 2022;14:1031-52.
32. Cole TJ, Lobstein T. An improved algorithm to harmonize child overweight and obesity prevalence rates. *Pediatr Obes.* 2022:e12970.
33. Chi DL, Luu M, Chu F. A scoping review of epidemiologic risk factors for pediatric obesity: Implications for future childhood obesity and dental caries prevention research. *J Public Health Dent.* 2017;77 Suppl 1:S8-s31.
34. Uerlich MF, Baker SR, Day PF, Brown L, Vettore MV. Common Determinants of Dental Caries and Obesity in Children: A Multi-Ethnic Nested Birth Cohort Study in the United Kingdom. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(23).
35. Sheiham A, Watt RG. The common risk factor approach: a rational basis for promoting oral health. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2000;28(6):399-406.
36. Splieth CH, Christiansen J, Foster Page LA. Caries Epidemiology and Community Dentistry: Chances for Future Improvements in Caries Risk Groups. Outcomes of the ORCA Saturday Afternoon Symposium, Greifswald, 2014. Part 1. *Caries Res.* 2016;50(1):9-16.
37. Multiple risk factor intervention trial. Risk factor changes and mortality results. Multiple Risk Factor Intervention Trial Research Group. *Jama.* 1982;248(12):1465-77.

APÊNDICES E ANEXOS

Apêndice 1 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (escola da Estrutural)

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE

(Pais ou Responsáveis)

O (a) seu filho (a) está sendo convidado (a) a participar do projeto **Aplicabilidade de um programa em saúde e educação de escolares do DF**, sob a responsabilidade do pesquisador Maurício Bartelle Basso. O objetivo deste projeto é implementar e avaliar a aplicabilidade de um programa em saúde e educação em escolares de 6 a 10 anos de idade matriculados nas escolas pública do DF.

O (a) senhor (a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que o seu nome e o nome de seu filho(a) não será divulgado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo através da omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a).

Um dos pais, como responsável legal pela criança, responderá a um questionário sobre a sua situação econômica e outro sobre a saúde geral e hábitos relacionados a saúde do seu filho(a). Isso é importante para que possamos entender como as condições de vida e os hábitos relacionados a saúde podem contribuir para a melhora da saúde do seu(a) filho(a).

O seu filho(a) participará de um programa de monitoramento de doenças e promoção de saúde na escola. Médicos especialistas no atendimento a crianças farão um exame de vista, audiometria e paladar, e dentistas especialistas no atendimento a crianças examinarão a boca do seu(a) filho(a) na escola. Seu filho(a) será pesado e medido e a sua aptidão física será avaliada. Também será fornecido um recipiente para coleta de fezes em casa, que deverá ser retornado à escola e será encaminhado para exame laboratorial pela equipe de pesquisadores. Seu filho será encaminhado para tratamento na UBS 1 da Cidade Estrutural, com indicativo de tratamento pela sua equipe de saúde da família, caso ele(a) necessite receber alguma vacina ou tratamento médico. O tratamento odontológico será realizado na própria escola. Além disso, seu filho(a) receberá uma escova de dente e pasta de dente que ficarão guardados na escola para que ele(a) escove os dentes todos os dias depois do lanche.

O seu filho(a) participará nas seguintes atividades educacionais e de promoção de saúde: “ensino em cuidados de saúde geral” “ensino em habilidades para a vida”; “práticas básicas de higiene”; “deslocamento diário ativo supervisionado de um ponto de encontro para a escola e da escola até o ponto de encontro”; “pausa para atividade física em sala de aula”; “jardinagem”; “treinamento e participação em torneios esportivos no final de semana”. Além destas atividades você e seu(a) filho(a) serão convidados a participar em “palestras vespertinas”; “jogos de perguntas e respostas vespertino” e “jogo do detetive da saúde”. Sua família receberá a doação de alimentos saudáveis com a finalidade de promover uma dieta saudável.

Os riscos decorrentes da participação do seu filho(a) na pesquisa estão relacionados aos riscos comuns de um tratamento de rotina de saúde. O (a) Senhor (a) e/ou seu filho(a) podem se recusar a participar de qualquer atividade, em qualquer momento, sem nenhum prejuízo para o (a) senhor (a) ou seu(a) filho(a). Além disso, existe o risco de você se sentir

constrangido durante as entrevistas ao responder os questionários utilizados nesta pesquisa. Para que você se sinta à vontade, as entrevistas serão realizadas em ambiente privado (sem a presença de qualquer outra pessoa); você não será obrigado a responder a todas as perguntas; e os dados coletados serão destruídos caso você desista, a qualquer momento, de participar da pesquisa. Os participantes da pesquisa que vierem a sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação na pesquisa têm direito à indenização, por parte do pesquisador. Os resultados desta pesquisa serão divulgados pela equipe de pesquisadores e um relatório de saúde desta população será apresentado à Secretaria de Saúde do DF, podendo ser publicados posteriormente, mas a sua identidade e a do seu filho(a) será mantida em sigilo. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão sobre a guarda de um único pesquisador.

Se você aceitar que seu filho(a) participe, contribuirá para que os gestores de saúde valorizem e implementem programas de saúde na escola, que acreditamos ser a melhor forma de diminuir a quantidade de crianças doentes vivendo na sua localidade. Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo os tratamentos de saúde. Também não há compensação financeira relacionada à participação neste estudo, que será voluntária. Se existir qualquer despesa adicional relacionada diretamente à pesquisa, a mesma será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Se o (a) Senhor (a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor, telefone para: Maurício Bartelle Basso (99951-1252) entre às 8:00 horas e 18:00 horas, disponível inclusive para ligação a cobrar. O contato também poderá ser realizado pelo e-mail mauriodt@hotmail.com.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FEPECS-SES/DF. 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 sanadas através do telefone: (61) 2017-2132 ramal 6878 ou e-mail: comitedeetica.secretaria@gmail.com.

Caso concorde em participar, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o Senhor (a).

.....
Assinatura do responsável pela criança

.....
Nome do responsável pela criança

.....
Maurício Bartelle Basso (pesquisador responsável pelo projeto)

Brasília, _____ / _____ / _____.

Apêndice 2 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (escola do Sol Nascente)

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (Pais ou Responsáveis)

O (a) seu filho (a) está sendo convidado (a) a participar do projeto **Aplicabilidade de um programa em saúde e educação de escolares do DF**, sob a responsabilidade do pesquisador Maurício Bartelle Basso. O objetivo deste projeto é implementar e avaliar a aplicabilidade de um programa em saúde e educação em escolares de 6 a 10 anos de idade matriculados nas escolas pública do DF.

O (a) senhor (a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que o seu nome e nome de seu filho(a) não será divulgado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo através da omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a).

Um dos pais, como responsável legal pela criança, responderá a um questionário sobre a sua situação econômica e outro sobre a saúde geral e hábitos relacionados a saúde do seu filho(a). Isso é importante para que possamos entender como as condições de vida e os hábitos relacionados a saúde podem contribuir para a melhora da saúde do seu(a) filho(a).

O seu filho(a) participará de um programa de monitoramento de doenças e promoção de saúde na escola. Médicos especialistas no atendimento a crianças farão um exame de vista, audiometria e paladar, e dentistas especialistas no atendimento a crianças examinarão a boca do seu(a) filho(a) na escola. Seu filho(a) também será pesado e medido e a sua aptidão física será avaliada. Também será fornecido um recipiente para coleta de fezes em casa, que deverá ser retornado à escola e será encaminhado para exame laboratorial pela equipe de pesquisadores. Seu filho será encaminhado para tratamento na UBS 12 da Ceilândia, com indicativo de tratamento pela sua equipe de saúde da família, caso ele(a) necessite de alguma vacina ou tratamento médico-odontológico. Seu(a) filho(a) receberá o tratamento na unidade de saúde pública responsável pela área onde a escola do seu filho está localizada.

Os riscos decorrentes da participação do seu filho(a) na pesquisa estão relacionados aos riscos comuns de um tratamento de rotina de saúde. O (a) Senhor (a) e/ou seu filho(a) podem se recusar a participar de qualquer atividade, em qualquer momento, sem nenhum prejuízo para o (a) senhor (a) ou seu(a) filho(a). Além disso, existe o risco de você se sentir constrangido durante as entrevistas ao responder os questionários utilizados nesta pesquisa. Para que você se sinta à vontade, as entrevistas serão realizadas em ambiente privado (sem a presença de qualquer outra pessoa); você não será obrigado a responder a todas as perguntas; e os dados coletados serão destruídos caso você desista, a qualquer momento, de participar da pesquisa. Os participantes da pesquisa que vierem a sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação na pesquisa têm direito à indenização, por parte do pesquisador. Os resultados desta pesquisa serão divulgados pela equipe de pesquisadores e um relatório de saúde desta população será apresentado à Secretaria de Saúde do DF, podendo ser publicados posteriormente, mas a sua identidade e a do seu filho(a) será mantida em sigilo. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão sobre a guarda de um único pesquisador.

Se você aceitar que seu filho(a) participe, contribuirá para que os gestores de saúde valorizem e implementem programas de saúde na escola, que acreditamos ser a melhor forma de diminuir a quantidade de crianças doentes vivendo na sua localidade. Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo os tratamentos de saúde. Também não há compensação financeira relacionada à participação neste estudo, que será voluntária. Se existir qualquer despesa adicional relacionada diretamente à pesquisa, a mesma será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Se o (a) Senhor (a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor, telefone para: Maurício Bartelle Basso (99951-1252) entre às 8:00 horas e 18:00 horas, disponível inclusive para ligação a cobrar. O contato também poderá ser realizado pelo e-mail mauriodt@hotmail.com.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FEPECS-SES/DF. 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 sanadas através do telefone: (61) 2017-2132 ramal 6878 ou e-mail: comitedeetica.secretaria@gmail.com.

Caso concorde em participar, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o Senhor (a).

.....
Assinatura do responsável pela criança

.....
Nome do responsável pela criança

.....
Maurício Bartelle Basso (pesquisador responsável pelo projeto)

Brasília, _____ / _____ / _____.

Apêndice 3 Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE ASSENTIMENTO (Crianças)



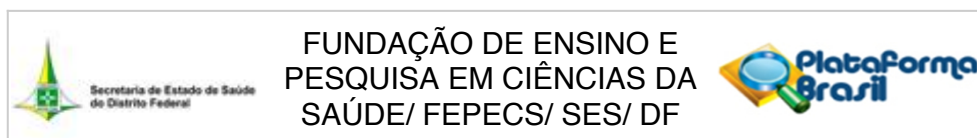
Eu, _____, aceito participar da pesquisa "Aplicabilidade de um programa em saúde bucal no tratamento e controle de lesões de cárie em escolares", que tem o(s) objetivos de saber se tratar os dentes das crianças na escola e fazer que a criança escove os dentes depois do lanche ajudam a diminuir o número de dentes com cárie (buraquinho). Entendi os benefícios e as coisas ruins que podem acontecer. Entendi que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer "não" e desistir. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis.

Brasília, ___ / ___ / ____.

Assinatura do menor

Assinatura do(a) Pesquisador(a) Responsável

Anexo 1 Parecer do Comitê de Ética e Pesquisa da Fundação de Ensino e Pesquisa em Ciências da Saúde/FEPECS/SES/DF



FUNDAÇÃO DE ENSINO E PESQUISA EM CIÊNCIAS DA SAÚDE/ FEPECS/ SES/ DF

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Aplicabilidade de um programa em saúde na melhora da saúde bucal e geral de escolares do Distrito Federal

Pesquisador: MAURICIO BARTELLE BASSO

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 00617218.3.0000.5553

Instituição Proponente: DISTRITO FEDERAL SECRETARIA DE SAUDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.066.168

Apresentação do Projeto:

Análise de resposta a pendências emitidas em parecer anterior.

Trata-se de um projeto institucional de intervenção e elaboração de políticas públicas que tem como objetiva avaliar a aplicabilidade de um programa em saúde na melhoria da saúde bucal e geral com ações inseridas na escola, baseado no Ottawa Charter e que possui dois componentes: (1) práticas básicas de higiene e (2) cuidados contemporâneos de saúde bucal. Para tanto, todas as crianças nascidas entre os anos de 2010 e 2012 matriculadas nas duas escolas públicas destinadas a essa faixa etária localizadas na Cidade Estrutural (RA Setor Complementar de Indústria e Abastecimento), após coleta do termo de consentimento, serão incluídas. O estudo será composto de avaliação clínica, coleta de material para exame de laboratório, uso de questionários associados à implementação das práticas básicas de higiene e dos cuidados de saúde bucal.

Objetivo da Pesquisa:

“Objetivo Geral:

Avaliar a aplicabilidade, impacto e o custo-efetividade de dois componentes do programa AHI de promoção de saúde em escolares entre 6 e 8 anos de idade matriculados em duas escolas na Cidade Estrutural, SCIA, Brasília, Distrito Federal.

Endereço: SMHN 2 Qd 501 BLOCO A - FEPECS

Bairro: ASA NORTE

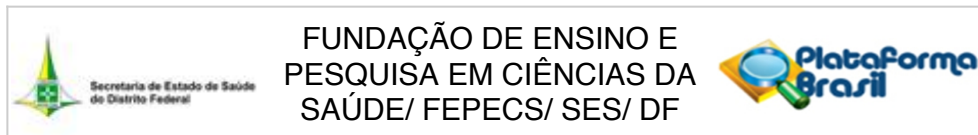
CEP: 70.710-904

UF: DF

Município: BRASILIA

Telefone: (61)2017-2127

E-mail: comitedeetica.secretaria@gmail.com



Continuação do Parecer: 3.066.168

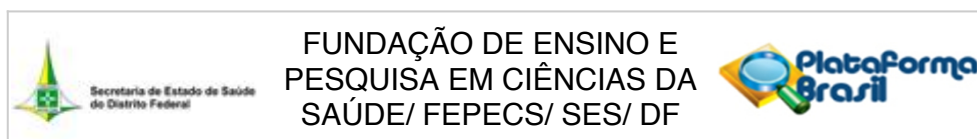
Objetivos secundários:

- Identificar as barreiras para a implementação do programa AHI (fase1);
- Identificar o custo para implementação do programa AHI (fase 1);
- Avaliar a capacidade do programa AHI em transformar as escolas em “escolas saudáveis”;
- Avaliar a capacidade do programa em mudar o comportamento dos escolares em relação às práticas de higiene e saúde;
- Avaliar a longevidade das restaurações ART em molares permanentes;
- Avaliar a longevidade dos selantes ART em molares permanentes;
- Avaliar a capacidade do programa na prevenção de novas lesões de cárie e no controle da dor dentária;
- Avaliar a capacidade do programa em reduzir a prevalência de doenças associadas à falta de higiene;
- Avaliar a capacidade do programa AHI na prevenção de desnutrição e obesidade;
- Avaliar a capacidade do programa AHI em diminuir o absenteísmo e em melhorar o desempenho escolar do estudante;
- Avaliar a capacidade do programa AHI em diminuir a prevalência e recorrência de cárie e suas sequelas de acordo com o instrumento CAST;
- Avaliar a capacidade do programa AHI em diminuir prevalência e recorrência de dor dentária;
- Avaliar a capacidade do programa AHI em reduzir placa visível e sangramento gengival”

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

“Riscos: Os riscos esperados são de duas naturezas: inerentes aos procedimentos clínicos e à confidencialidade dos dados coletados. No tocante aos procedimentos clínicos, os riscos são: desconforto durante a realização da avaliação clínica e durante a realização dos procedimentos restauradores e de extração dentária; risco de quebra de agulha durante a realização da anestesia; risco de dor após a cirurgia. Para minimizar estes problemas, os dentistas envolvidos na pesquisa responsáveis pelos procedimentos são especialistas em Odontopediatria e foram treinados para fazer o manejo de comportamento da criança, bem como na correta forma de administração da anestesia local. Para alívio da dor, será prescrita medicação analgésica. Há ainda os riscos inerentes à exposição dos dados clínicos e socioeconômicos coletados durante a pesquisa. Para minimizar estes riscos, a aplicação dos questionários às crianças será feita em local reservado nas escolas e nenhum dos questionários apresentará identificação de nome do sujeito de pesquisa. O risco de ingestão de creme dental fluoretado durante o procedimento de escovação dentária supervisionada e suas consequências é mínimo para crianças na faixa etária incluída no estudo. Além disso, as crianças só iniciarão a escovação na escola após participarem de treinamento em

Endereço: SMHN 2 Qd 501 BLOCO A - FEPECS
Bairro: ASA NORTE **CEP:** 70.710-904
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)2017-2127 **E-mail:** comitedeetica.secretaria@gmail.com



Continuação do Parecer: 3.066.168

como fazê-lo de forma adequada.

*Benefícios: Os benefícios da pesquisa são inúmeros, já que se oferecerá tratamento para o alívio da dor, restauração de dentes com cárie e prevenção da ocorrência de novas lesões de cárie. Além disso, o estudo terá um impacto positivo na saúde geral das crianças, uma vez que se espera diminuir o número de infecções decorrentes da falta de higiene. Espera-se ainda elaborar um protocolo conciso de ações com baixo custo-benefício, reproduzível em qualquer sistema de saúde do mundo, que continua para a melhora dos índices de saúde geral, absenteísmo e desempenho escolar e redução de iniquidades de populações vulneráveis."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Os valores apresentados na planilha orçamentária na Plataforma Brasil difere da apresentada no projeto básico.

No questionário sócio econômico (anexo 1), ainda consta o campo para a identificação do nome da criança: "parentesco com a criança ...);

No questionário do anexo 2 aparece um campo com a seguinte descrição: " os pais da criança...".

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os currículos dos outros pesquisadores foram incluídos, conforme solicitado;

As alterações solicitadas referente ao TCLE foram devidamente corrigidas;

A planilha orçamentária foi apresentada, porém os valores estão divergentes entre Plataforma Brasil e projeto básico.

Recomendações:

—

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pendências anteriores:

Projeto apresenta as pendências que seguem, solicita-se:

1 - Igualar as informações, referente ao orçamento, na Plataforma Brasil e projeto básico; ATENDIDA

2 - Retirar dos questionários (anexo 1 e 2), conforme já mencionado nos comentários, o campo para identificação do nome da criança, utilizar outra forma de identificação (codificação), para garantir

Endereço: SMHN 2 Qd 501 BLOCO A - FEPECS

Bairro: ASA NORTE

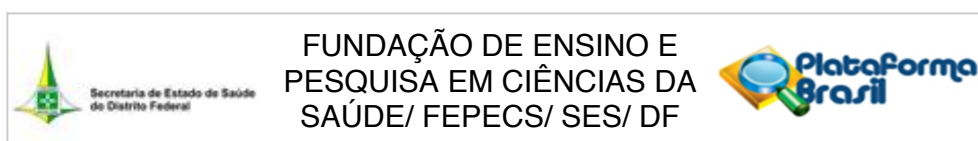
CEP: 70.710-904

UF: DF

Município: BRASILIA

Telefone: (61)2017-2127

E-mail: comitedeetica.secretaria@gmail.com



Continuação do Parecer: 3.066.168

a confidencialidade dos dados coletados. ATENDIDA

TODAS AS PENDÊNCIAS FORAM ATENDIDAS: PROJETO APROVADO.

O pesquisador assume o compromisso de garantir o sigilo que assegure o anonimato e a privacidade dos participantes da pesquisa e a confidencialidade dos dados coletados. Os dados obtidos na pesquisa deverão ser utilizados exclusivamente para a finalidade prevista no seu protocolo.

O pesquisador deverá encaminhar relatório parcial e final de acordo com o desenvolvimento do projeto da pesquisa, conforme Resolução CNS/MS nº 466 de 2012.

O presente Parecer de aprovação tem validade de até dois anos, mediante apresentação de relatórios parciais, e após decorrido esse prazo, caso necessário, deverá ser apresentada emenda para prorrogação do cronograma.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1179803.pdf	22/11/2018 14:23:34		Aceito
Outros	Carta2.pdf	22/11/2018 14:21:17	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLED.pdf	22/11/2018 14:20:00	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	22/11/2018 14:19:48	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Brochura.pdf	22/11/2018 14:16:26	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
Outros	curriculosynthia.pdf	09/11/2018 12:01:54	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
Outros	curriculocarine.pdf	09/11/2018 12:01:37	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito

Endereço: SMHN 2 Qd 501 BLOCO A - FEPECS

Bairro: ASA NORTE

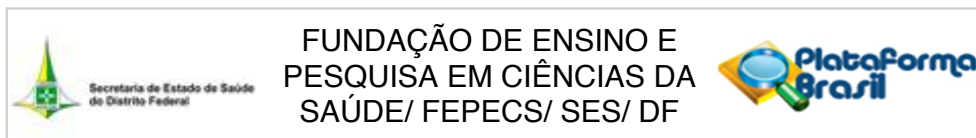
CEP: 70.710-904

UF: DF

Município: BRASILIA

Telefone: (61)2017-2127

E-mail: comitedeetica.secretaria@gmail.com



Continuação do Parecer: 3.066.168

Outros	CurriculoTereza.pdf	09/11/2018 11:57:49	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
Outros	CurriculoRenata.pdf	09/11/2018 11:57:21	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
Outros	Curriculolsadora.pdf	09/11/2018 11:57:07	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	EC1.pdf	02/10/2018 12:02:07	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	CEF2.pdf	02/10/2018 12:01:52	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	lab.pdf	02/10/2018 12:01:38	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	gsap.pdf	02/10/2018 12:01:07	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
Outros	termo.pdf	18/09/2018 08:53:37	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
Outros	encaminhamento.pdf	18/09/2018 08:52:43	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito
Folha de Rosto	rosto.pdf	06/09/2018 17:15:14	MAURICIO BARTELLE BASSO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BRASILIA, 07 de Dezembro de 2018

Assinado por:
DILLIAN ADELAINÉ CESAR DA SILVA
(Coordenador(a))

Endereço: SMHN 2 Qd 501 BLOCO A - FEPECS
Bairro: ASA NORTE CEP: 70.710-904
UF: DF Município: BRASILIA
Telefone: (61)2017-2127 E-mail: comitedeetica.secretaria@gmail.com

Anexo 2 Artigo publicado no *International Journal of Environmental Research and Public Health*



Article

The Relationship between Obesity and Childhood Dental Caries in the United States

Érica Torres de Almeida Piovesan ^{1,2}, Soraya Coelho Leal ² and Eduardo Bernabé ^{1,*}

¹ Faculty of Dentistry, Oral & Craniofacial Sciences, King's College London, London SE5 9RS, UK

² Department of Dentistry, Faculty of Health Science, University of Brasilia, Brasilia 70910-900, Brazil

* Correspondence: eduardo.bernabe@kcl.ac.uk; Tel.: +44-(0)-20-3299-3022

Abstract: Background: Childhood obesity and dental caries are prevalent chronic, multifactorial conditions with adverse health consequences and considerable healthcare costs. The aims of this study were: (1) to evaluate the relationship between obesity and dental caries among young children using multiple definitions for both conditions, and (2) to evaluate the role of family socioeconomic status (SES) and the child's intake of added sugars in explaining this association. Methods: Data from 2775 2–5-year-olds children from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2011–2018 were analysed. Three different international standards were used to define obesity, namely the World Health Organization (WHO), Centers for Disease Control and Prevention (CDC), and the International Obesity Task Force (IOTF). Dental caries was measured during clinical examinations and summarised as counts (dt and dft scores) and prevalence (untreated caries [dt > 0] and caries experience [dft > 0]). The association of obesity with dental caries was assessed in regression models controlling for demographic factors, family SES and child's intake of added sugars. Results: In crude models, obesity was associated with greater dt scores when using the IOTF standards (RR: 2.43, 95% CI: 1.11, 5.29) but not when using the WHO and CDC standards; obesity was associated with greater dft scores when using the WHO (1.57, 95%CI: 1.11–2.22), CDC (1.70, 95%CI: 1.17–2.46) and IOTF standards (2.43, 95%CI: 1.73–3.42); obesity was associated with lifetime caries prevalence when using the WHO (1.55, 95%CI: 1.05–2.29), CDC (1.73, 95%CI: 1.14–2.62) and IOTF standards (2.45, 95%CI: 1.61–3.71), but not with untreated caries prevalence. These associations were fully attenuated after controlling for demographic factors, family SES and child's intake of added sugars. Conclusions: The relationship between obesity and dental caries in primary teeth varied based on the definition of obesity and dental caries used. Associations were observed when obesity was defined using the IOTF standards and dental caries was defined using lifetime indicators. Associations were fully attenuated after adjusting for well-known determinants of both conditions.

Keywords: dental caries; obesity; cross-sectional studies; childhood; primary teeth; United States



Citation: Piovesan, É.T.d.A.; Leal, S.C.; Bernabé, E. The Relationship between Obesity and Childhood Dental Caries in the United States. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 16160. <https://doi.org/10.3390/ijerph192316160>

Received: 1 November 2022

Accepted: 30 November 2022

Published: 2 December 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Childhood obesity and dental caries are common chronic, multifactorial conditions that are associated with negative health effects over the life span of individuals and impose a considerable burden on national healthcare systems [1,2]. In 2020, 5.7% of children younger than 5 years old were overweight or obese, which amounted to 39 million cases worldwide [3,4]. In addition, the Global Burden of Disease study showed that the prevalence of untreated cavitated dentine caries lesions in children younger than 5 years old was 37.6% in 2019, amounting to 249 million cases globally [5].

Whether and how obesity and dental caries are related to each other is still a matter of debate. This is a growing area of research, with four systematic reviews published in the past five years [6–9]. While most reviews found that overweight/obesity and dental caries in older children (permanent dentition) were positively associated, the findings were less consistent in preschool children (primary dentition) [6–9]. Indeed, two reviews

found that obese children showed greater caries levels in primary teeth than children of normal weight [8,9] whereas two other reviews found no association [6,7]. The mixed findings highlight the need for more studies in this specific age group, especially those that address limitations found in previous studies. One limitation consistently identified in the above reviews was the lack of adjustment for relevant confounders of the obesity-caries relationship, such as family socioeconomic status (SES) and child's sugar intake. On one hand, both childhood obesity and dental caries are more frequent among poorer families [2,10]. On the other hand, sugar intake is an established behavioural determinant of both obesity and caries in childhood and adulthood [11,12]. The reviews also identified large heterogeneity between the primary studies. Differences in the methods used to measure obesity (e.g., standards and cut-offs to define obesity, analysis of overweight and obese groups carried out separately or jointly, and merging the underweight with the normal weight group) and dental caries (e.g., different thresholds, and analysis as count or prevalence) complicate the interpretation of findings and any comparison between studies. A detailed exploration of the impact of these methodological decisions on the estimates for the relationship between childhood obesity and caries is warranted.

Regarding potential explanations for the obesity-caries relationship, it has been reported that obesity can lead to changes in the oral microflora and salivary properties, which in turn might predispose children to develop dental caries [13–15]. This explanation implies that dental caries is a consequence of obesity. However, it seems to be more accepted that the relationship between childhood obesity and dental caries is explained by common risk factors, such as a lower SES and a sugar-rich diet [9,16,17]. This second explanation has stronger implications as it would allow reducing the burden of these two common childhood health problems through policies and interventions that tackle their shared roots (e.g., sugars intake) [18]. Therefore, the aims of this study were: (1) to evaluate the relationship between obesity and dental caries in young children using multiple definitions for both conditions, and (2) to evaluate the role of family socioeconomic status (SES) and the child's intake of added sugars in explaining this association.

2. Materials and Methods

2.1. Study Population

This study used data from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2011–2018, which is a programme of studies, carried out by the Centers for Disease Control and Prevention (CDC). NHANES recruits a nationally representative survey of the non-institutionalised population in the United States through a stratified, multistage probability sampling. Data are collected annually and released for public use in 2-year cycles to protect participants' confidentiality. The National Center for Health Statistics Research Ethics Review Board approved the NHANES survey protocol and written parental permission was obtained for participating minors. Each NHANES cycle included approximately 10,000 individuals who were interviewed at home and assessed on a variety of health factors at a mobile examination centre (MEC). Overall, there were 9756 participants in 2011–2012 (response rate: 72.6%), 10,175 in 2013–2014 (71.0%), 9971 in 2015–2016 (61.3%), and 9254 in 2017–2018 (51.9%) [19].

Of the 3405 children aged 24 to 71 months in NHANES 2011–2018, 3168 had complete data on body measurements and on oral health examination. Out of this total, 893 children were excluded on the basis of missing values on covariates (total energy intake = 616, child's intake of added sugars = 593, poverty income ratio = 277, parental education = 135). Therefore, the final analytical sample for the present report was 2775 children who had complete data on all relevant variables.

2.2. Variables Selected

Dental caries was the study outcome, which was determined from oral health examinations by licensed dentists who were trained in the NHANES methods. Examinations were carried out at the MEC, using a portable dental chair, artificial light, and compressed air.

The examination of young children included a tooth count and dental caries assessment that was registered at the cavitation-level following the Radike's criteria [20]. Inter-examiner Kappa values for untreated caries lesions ranged from 0.93 to 1.00 [21]. The number of decayed teeth (dt score) and the sum of decayed and filled teeth (dft score) were calculated for each participant. Both indicators were also used to estimate the prevalence of untreated decay (dt > 0) and caries experience (dft > 0), respectively.

Child body measures were collected at the MEC by trained health technicians. Height was measured using a stadiometer with a fixed vertical backboard and an adjustable head-piece. Participants were weighed in kilograms using a digital weight scale wearing the standard MEC examination gown [22]. Weight and height measurements were used to classify children according to three international standards: World Health Organization (WHO), CDC and the International Obesity Task Force (IOTF). The 2007 WHO Growth reference standards for children 2 years or older were used to estimate the body mass index (BMI) for sex and age z-score, which was then categorised as underweight (lower than -2 Standard Deviations [SD]), normal weight (between -2 SD and $+1$ SD), overweight (higher than $+1$ SD, which corresponds to a BMI of 25 kg/m^2 at 19 years), and obesity (higher than $+2$ SD, which corresponds to a BMI of 30 kg/m^2 at 19 years) [23,24]. Using the CDC's sex-specific 2000 BMI-for-age growth charts for the US child population, underweight was defined as a BMI-for-sex-and-age lower than the 5th percentile, normal weight as a BMI-for-sex-and-age equal or higher than the 5th percentile but lower than the 85th percentile, overweight as a BMI-for-sex-and-age equal or higher than the 85th percentile but lower than the 95th percentile, and obese as a BMI-for-sex-and-age higher than the 95th percentile [25]. Finally, children were classified according to the IOTF cut-offs calculated by sex and for each month of age and for the equivalent of BMI 18.5 (underweight), 25 (overweight) and 30 (obesity) at age 18 years [26].

Family SES, child's demographic factors and intake of added sugars were also included in the analysis as potential confounders for the relationship between obesity and dental caries. Family SES was indicated by the poverty income ratio (which is estimated by dividing family income by the poverty guidelines, specific to household size, US state and year), and the household reference person's education. Child demographic factors included were age, sex and race/ethnicity. The child's dietary intake of all foods and beverages (including total calorie intake) was estimated from a 24 h dietary recall interview at the MEC [27]. Consumption of added sugars (in grams) was derived using the US Department of Agriculture (USDA) Food Patterns Equivalent Database (FPED) for each NHANES cycle [28]. The FPED defines added sugars as those sugars added to foods and beverages during processing or home preparation, and sugars eaten separately or added to foods at the table [29]. Intake was categorised into quartiles for analysis.

2.3. Statistical Analysis

Data management and analysis were conducted in Stata version 17 (StataCorp, College Station, TX, USA). All analysis incorporated the survey design (stratification and clustering) and weights. In order to evaluate the impact of missing data on the representativeness of the study sample, children included and excluded from the analysis were compared in terms of their sociodemographic, behavioural and clinical characteristics with the Chi-square test for categorical variables and the independent samples *t*-test for numerical variables. The dt and dft scores were compared by sociodemographic and behavioural factors using simple negative binomial regression models. Similarly, the prevalence of obesity (as defined by each of three standards) was compared by sociodemographic and behavioural factors using simple binary logistic regression.

The association of obesity with the dt and dft scores was tested using negative binomial regression models as both caries indicators were count measures with overdispersion. Therefore, rate ratios (RR) with 95% confidence intervals (95%CI) were the measure of association reported. The regression modelling started with the crude association between each definition of obesity and the dt score (labelled as Model 1). This association was

controlled for the child's demographic factors (sex, age and race/ethnicity) in Model 2 and additionally for family SES (poverty income ratio and parental education), child's intake of added sugars and total energy intake in Model 3. The standard multivariate approach was used to adjust intake for total energy intake [30]. The same set of three sequential models was fitted for testing the association of each definition of obesity with the dft score. Finally, the same set of three models was repeated using the prevalence of untreated decay ($dt > 0$) and caries experience ($dft > 0$). Binary logistic regression was used in these analyses and odds ratios (ORs) were reported.

3. Results

Data from 2275 children were analysed (mean age: 3.4, SD: 1.1, range: 2 to 5 years). Statistical differences were observed between children included and excluded from the study sample due to missing values. Children in the study sample were more likely to be older and White, to have parents with higher education, and to have normal weight than those excluded. Overall, 21.9% of children had caries experience and 10.4% had untreated caries lesions. The mean dt and dft scores were 0.32 (SD: 1.46, range: 0 to 13) and 1.01 (SD: 2.89, range: 0 to 16), respectively. Older and Hispanic children, as well as those living in low SES and with greater intake of added sugars had greater dt and dft scores (Table 1). The prevalence of obesity varied based on the standards used, namely 9.5% according to the WHO standards, 11.3% according to the CDC standards, and 5.9% according to the IOTF standards. Obesity was more common among older and Hispanic children, those of low SES and with greater intake of added sugars (Table 2).

Table 1. Description of the study sample and comparison of dental caries indicators by covariates.

	<i>n</i>	%	<i>dt</i>		<i>dft</i>	
			Mean	(SD)	Mean	(SD)
Child sex						
Boys	1117	49.1	0.38	(1.56)	1.10	(2.96)
Girls	1158	50.9	0.27	(1.36)	0.92	(2.82)
<i>p</i> value ^a			0.084		0.172	
Child age						
2 years	659	24.5	0.21	(1.30)	0.27	(1.49)
3 years	533	26.1	0.29	(1.31)	0.70	(2.25)
4 years	550	24.9	0.38	(1.49)	1.11	(2.98)
5 years	533	24.6	0.41	(1.66)	1.96	(3.74)
<i>p</i> value for trend			0.025		<0.001	
Child race/ethnicity						
Non-Hispanic White	669	52.5	0.24	(0.97)	0.75	(1.89)
Non-Hispanic Black	576	13.6	0.38	(2.05)	1.06	(3.87)
Hispanic	655	23.5	0.41	(1.65)	1.54	(3.91)
Asian	193	4.0	0.52	(3.13)	1.12	(4.71)
Other	182	6.4	0.48	(2.13)	0.96	(2.87)
<i>p</i> value			0.250		0.017	
Poverty income ratio						
<1.00	817	28.1	0.59	(2.25)	1.55	(3.92)
1.00–1.99	610	25.3	0.35	(1.56)	1.01	(2.83)
2.00–2.99	317	14.9	0.22	(1.00)	1.13	(3.28)
≥3	531	31.6	0.12	(0.73)	0.46	(1.60)
<i>p</i> value for trend			<0.001		<0.001	
Parental education						
Below high school	472	15.8	0.54	(2.15)	1.92	(4.40)
High school	1246	53.5	0.41	(1.66)	1.08	(3.00)
Above high school	557	30.7	0.06	(0.50)	0.40	(1.58)
<i>p</i> value for trend			<0.001		<0.001	

Table 1. Cont.

	n	%	dt		dft	
			Mean	(SD)	Mean	(SD)
Child intake of added sugars						
Q1 (lowest)	666	29.2	0.27	(1.29)	0.87	(2.60)
Q2	811	36.6	0.31	(1.44)	0.90	(2.72)
Q3	576	25.0	0.39	(1.61)	1.22	(3.26)
Q4 (highest)	222	9.3	0.36	(1.63)	1.25	(3.30)
p value trend			0.215		0.023	

^a p values were derived from crude negative binomial regression models, using an omnibus test to compare unordered groups and a test for linear trends to compare ordered groups.

Table 2. Prevalence of obesity (as defined by three international standards ^a) by sociodemographic and behavioural factors (n = 2275).

	WHO Standards		CDC Standards		IOTF Standards	
	n	%	n	%	n	%
Child sex						
Boys	108	9.9	121	10.9	55	5.5
Girls	112	9.2	134	11.6	74	6.3
p value ^b	0.665		0.723		0.531	
Child age						
2 years	58	8.8	55	8.3	19	2.7
3 years	43	6.4	52	8.1	18	3.2
4 years	52	10.1	69	13.5	36	6.5
5 years	67	12.9	79	15.2	56	11.3
p value for trend	0.035		0.006		<0.001	
Child race/ethnicity						
Non-Hispanic White	51	7.4	63	9.2	30	4.2
Non-Hispanic Black	58	10.7	62	11.4	32	6.9
Hispanic	90	15.2	105	17.7	55	9.9
Asian	7	3.6	9	4.7	3	1.7
Other	14	6.5	16	8.3	9	5.2
p value	<0.001		<0.001		0.003	
Poverty income ratio						
<1.00	91	12.0	100	12.6	55	8.1
1.00–1.99	64	10.3	80	13.3	40	6.7
2.00–2.99	35	11.1	38	13.2	19	6.2
≥3	30	5.9	37	7.5	15	3.0
p value for trend	0.031		0.076		0.029	
Parental education						
Below high school	64	13.0	69	13.2	34	7.2
High school	127	10.7	151	13.4	79	7.4
Above high school	29	5.7	35	6.5	16	2.5
p value for trend	0.004		0.002		0.002	
Child intake of added sugars						
Q1 (lowest)	54	6.9	60	8.5	23	3.2
Q2	79	9.5	90	10.7	51	6.5
Q3	62	11.6	72	14.1	37	6.9
Q4 (highest)	25	12.2	33	14.7	18	9.0
p value for trend	0.097		0.036		0.044	

^a Obesity was defined as a BMI for sex and age z-score > +2 SD (WHO standards), a BMI-for-sex-and-age > 95th percentile (CDC standards) and a BMI ≥ those age-sex specific BMI cut-offs corresponding to BMI = 30 at age 18 years (IOTF standards). ^b Unordered groups were compared using the Chi-square test whereas ordered groups were compared using the Chi-square test for linear trends.

The association of obesity with the dt score is shown in Table 3 and Figure 1. In crude models, overweight and obese children had greater dt scores than children with normal weight. In addition, estimates (RRs) were consistently higher for obese than for overweight children. However, the estimate for obesity was significant only when using the IOTF standards. Obese children had 2.43 (95%CI: 1.11, 5.29) times higher dt scores than normal-weight children. This association was weakened but continued to be significant after adjusting for child demographic factors (2.20, 95%CI: 1.07, 4.52). However, it was fully attenuated after additional adjustment for family SES and child's intake of added sugars (1.65, 95%CI: 0.87, 3.11). Table 3 and Figure 1 also show the association of obesity with the dft score. In crude models, obese children showed greater dft scores than children with normal weight when using the WHO (1.57, 95%CI: 1.11, 2.22), CDC (1.70, 95%CI: 1.17, 2.46) and IOTF standards (2.43, 95%CI: 1.73, 3.42), respectively. However, the corresponding estimates for overweight were equal to 1 or less. The estimate for the association between obesity (according to the IOTF standards) and dft score was weakened but continued to be significant after adjustment for child demographic factors in Model 2 (2.10, 95% CI: 1.28, 3.45) and additionally for family SES and child intake of added sugars (2.02, 95% CI: 1.28, 3.17).

Table 3. Models for the association of BMI groups (as defined by three international standards) with dt and dft scores among 2–5-year-old children ($n = 2275$).

	Mean	(SD)	Model 1	Model 2	Model 3
			RR [95%CI]	RR [95%CI]	RR [95%CI]
Untreated Caries:					
WHO standards					
Normal	0.29	(1.41)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	0.33	(1.27)	1.11 [0.63–1.95]	0.98 [0.63–1.52]	0.97 [0.60–1.56]
Obese	0.52	(2.10)	1.76 [0.88–3.52]	1.63 [0.87–3.04]	1.30 [0.76–2.25]
Underweight	0.97	(3.70)	3.31 [0.58–18.75]	2.58 [0.42–15.95]	1.42 [0.27–7.41]
CDC standards					
Normal	0.27	(1.29)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	0.38	(1.32)	1.41 [0.85–2.36]	1.25 [0.75–2.10]	1.22 [0.75–1.99]
Obese	0.56	(2.10)	2.12 [0.98–4.59]	1.86 [0.94–3.68]	1.59 [0.89–2.84]
Underweight	0.55	(2.68)	2.07 [0.85–5.06]	1.63 [0.68–3.89]	1.37 [0.67–2.81]
IOTF standards					
Normal	0.28	(1.31)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	0.41	(1.46)	1.45 [0.81–2.63]	1.22 [0.81–1.83]	1.16 [0.73–1.84]
Obese	0.68	(2.36)	2.43 [1.11–5.29] *	2.20 [1.07–4.52] *	1.65 [0.87–3.11]
Underweight	0.35	(1.88)	1.26 [0.67–2.37]	0.92 [0.53–1.62]	0.93 [0.52–1.68]
Caries Experience:					
WHO standards					
Normal	0.99	(2.96)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	0.82	(2.32)	0.83 [0.57–1.22]	0.82 [0.59–1.14]	0.81 [0.56–1.16]
Obese	1.56	(3.66)	1.57 [1.11–2.22] *	1.56 [1.00–2.45]	1.47 [0.97–2.12]
Underweight	1.08	(3.78)	1.09 [0.22–5.28]	0.69 [0.15–3.19]	0.42 [0.11–1.66]
CDC standards					
Normal	0.93	(2.82)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	0.88	(2.36)	0.95 [0.65–1.40]	0.87 [0.60–1.26]	0.84 [0.57–1.24]
Obese	1.58	(3.57)	1.70 [1.17–2.46] *	1.51 [0.96–2.38]	1.43 [0.93–2.19]
Underweight	1.21	(4.08)	1.30 [0.66–2.55]	1.15 [0.52–2.55]	0.83 [0.45–1.54]
IOTF standards					
Normal	0.90	(2.69)	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]	1.00 [Reference]
Overweight	0.90	(2.37)	1.00 [0.64–1.55]	0.92 [0.61–1.39]	0.85 [0.54–1.32]
Obese	2.19	(4.12)	2.43 [1.73–3.42] *	2.10 [1.28–3.45] *	2.02 [1.28–3.17] *
Underweight	1.29	(4.15)	1.43 [0.85–2.40]	1.16 [0.67–2.02]	1.01 [0.59–1.73]

The dt and dft scores were modelled using negative binomial regression. Rate ratios (RR) were reported. Model 1 was unadjusted, Model 2 adjusted for child demographic factors (sex, age and race/ethnicity) and Model 3 additionally adjusted for family socioeconomic status (poverty income ratio and parental education) and child intake of added sugars (quintiles) and total energy intake. * $p < 0.05$.

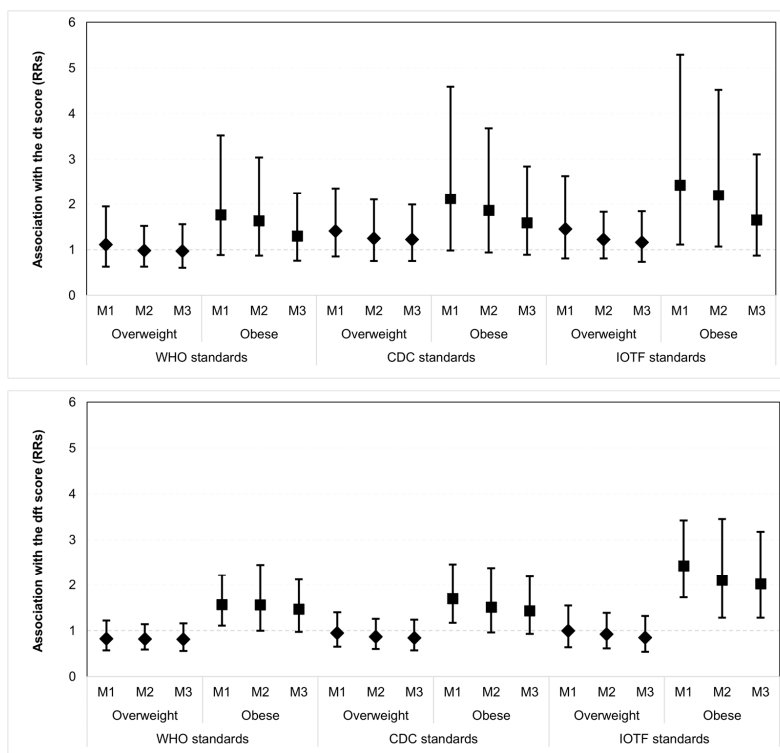


Figure 1. Crude and adjusted estimates (rates ratios, RRs) for the association of overweight and obesity (as defined by three international standards) with the dt and dft scores among 2–5-year-old children ($n = 2275$). M1, M2 and M3 correspond to Models 1, 2 and 3 in Table 3.

Similar results were obtained when modelling dental caries in terms of having untreated caries ($dt > 0$) and caries experience ($dft > 0$). Obesity was positively associated with greater odds of having caries experience, but not untreated caries, in crude logistic regression models. These associations were fully attenuated after adjustment for demographic factors and remained as such after further adjustment for family SES and child intake of added sugars (Table 4 and Figure 2).

Table 4. Models for the association of BMI groups (as defined by three international standards) with the prevalence of untreated caries and caries experience among 2–5-year-old children ($n = 2275$).

	<i>n</i>	%	Model 1	Model 2	Model 3
			OR [95%CI]	OR [95%CI]	OR [95%CI]
<u>Untreated Caries:</u>					
WHO standards					
Normal	190	10.0	Reference	Reference	Reference
Overweight	53	10.6	1.07 [0.66–1.73]	1.07 [0.69–1.67]	0.99 [0.60–1.64]
Obese	29	12.5	1.28 [0.72–2.29]	1.11 [0.59–2.09]	0.97 [0.55–1.69]
Underweight	2	20.5	2.31 [0.38–14.0]	1.75 [0.25–12.0]	1.46 [0.27–7.94]
CDC standards					
Normal	183	9.3	Reference	Reference	Reference
Overweight	40	13.6	1.55 [0.97–2.49]	1.47 [0.92–2.36]	1.35 [0.81–2.25]
Obese	38	13.5	1.53 [0.78–3.00]	1.30 [0.64–2.65]	1.15 [0.61–2.20]
Underweight	13	10.8	1.19 [0.58–2.45]	1.17 [0.58–2.37]	1.35 [0.64–2.86]
IOTF standards					
Normal	189	9.8	Reference	Reference	Reference
Overweight	38	11.8	1.24 [0.73–2.10]	1.15 [0.72–1.85]	1.10 [0.67–1.79]
Obese	20	16.2	1.78 [0.91–3.47]	1.40 [0.65–3.02]	1.19 [0.60–2.36]
Underweight	27	10.1	1.04 [0.58–1.85]	0.95 [0.54–1.68]	1.07 [0.57–2.00]
<u>Caries Experience:</u>					
WHO standards					
Normal	377	21.7	Reference	Reference	Reference
Overweight	107	19.3	0.87 [0.60–1.25]	0.90 [0.63–1.28]	0.83 [0.55–1.25]
Obese	58	30.0	1.55 [1.05–2.29] *	1.26 [0.81–1.95]	1.13 [0.73–1.75]
Underweight	2	20.5	0.93 [0.15–5.67]	0.65 [0.11–3.90]	0.56 [1.22–2.61]
CDC standards					
Normal	378	20.7	Reference	Reference	Reference
Overweight	73	21.7	1.07 [0.71–1.60]	1.00 [0.66–1.53]	0.90 [0.57–1.42]
Obese	73	31.1	1.73 [1.14–2.62] *	1.35 [0.85–2.13]	1.23 [0.78–1.95]
Underweight	20	17.9	0.84 [0.43–1.63]	0.87 [0.44–1.73]	1.00 [0.56–1.80]
IOTF standards					
Normal	388	20.7	Reference	Reference	Reference
Overweight	65	22.0	1.07 [0.67–1.72]	0.97 [0.61–1.55]	0.89 [0.54–1.48]
Obese	42	39.0	2.45 [1.61–3.71] *	1.55 [0.95–2.54]	1.41 [0.84–2.36]
Underweight	49	20.3	0.98 [0.59–1.61]	0.91 [0.58–1.43]	1.03 [0.65–1.62]

Prevalence rates were modelled using binary logistic regression. Odds ratios (OR) were reported. Model 1 was unadjusted, Model 2 adjusted for child demographic factors (sex, age and race/ethnicity) and Model 3 additionally adjusted for family socioeconomic status (poverty income ratio and parental education) and child intake of added sugars (quintiles) and total energy intake. * $p < 0.05$.

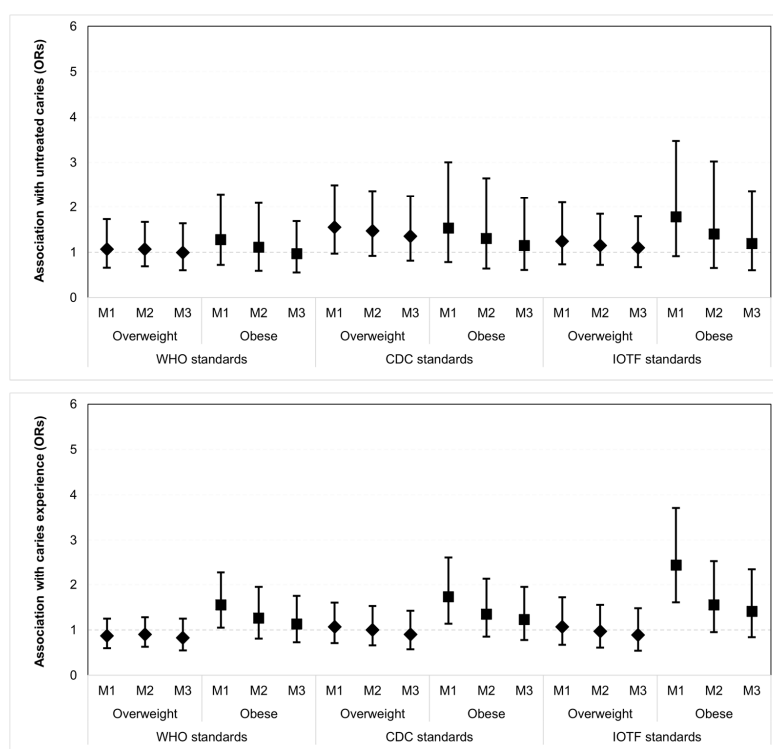


Figure 2. Crude and adjusted estimates (odds ratios, ORs) for the association of overweight and obesity (as defined by three international standards) with the prevalence of untreated caries and caries experience among 2–5-year-old children ($n = 2275$). M1, M2 and M3 correspond to Models 1, 2 and 3 in Table 4.

4. Discussion

Little support was found for the relationship between obesity and dental caries in primary teeth among young US children. Moreover, and maybe most importantly, it was possible to observe that the findings varied depending on how obesity and dental caries were defined. For example, an association was found when obesity was defined using the IOTF standards but not using the CDC or the WHO thresholds, and when dental caries was defined using cumulative indicators, but not indicators of current untreated disease. In terms of the standards to define obesity, the highest prevalence was found with the CDC standards, which were specifically designed for US children, followed by the WHO and IOTF standards. A systematic review found that the IOTF standards yield the lowest prevalence of obesity [31]. There is evidence that the choice of the standards to define obesity can influence clinical decision to offer advice or treatment, and estimation of resources required to address the burden of obesity [31]. In that sense, an earlier review showed obesity and dental caries were associated when using the CDC standards but not associated when using the WHO standards [32]. Recent work has paved the way for harmonising estimates for the prevalence of obesity based on different standards [33] and might help to combine estimates from different studies in further systematic reviews of the association of obesity with dental caries. As for dental caries, findings were more consistent when looking at lifetime caries indicators, such as the dft score or the prevalence

of caries experience, than indicators of current disease. This complicates the interpretation of cross-sectional findings as dental caries could have occurred before the development of obesity. Furthermore, whether caries is defined as a count (number of teeth affected) or prevalence (% of children affected) introduces heterogeneity in the findings and makes comparison between studies difficult. The present findings show that the use of different standards to define obesity and different summary measures to define dental caries can affect the magnitude of the association between both conditions. Researchers should be mindful of such heterogeneity when comparing findings from different studies or when pooling together estimates to carry out a meta-analysis.

Some researchers have argued that the relationship between obesity and dental caries is more commonly found in high-income countries, where both living standards and access to healthcare services (including the way in which fluorides are used) are relatively high [34,35]. The reasons behind this finding are poorly understood [34,35]. Three studies analysed NHANES data of children aged 2 to 5 years from 1999 to 2002 [36–38]. Two of them found that overweight or obese children had more decayed teeth than normal-weight children; however, these differences were not significant. The present finding is consistent with those from earlier studies and published reviews [6,7].

A second important finding of this study was that the relationship between obesity and dental caries was largely attenuated after adjusting for family SES and child intake of added sugars. These findings suggest that obesity does not increase caries risk and the presence of caries lesions does not increase obesity risk, but rather that shared determinants drive the development of both conditions [16]. Low SES (as indicated by living in families with lower poverty income ratio and with less educated parents in this study) and dietary factors (consumption of added sugars) are shared risk factors potentially linking obesity and dental caries [16,17,39]. This interpretation implies that earlier studies which did not adjust for family SES and child's sugars intake could have overestimated the true association of obesity with dental caries in young children.

The present findings have implications for policy and research. They point to the shared roots of childhood obesity and dental caries. Policies and interventions that address the social determinants of health (family SES) and the commercial determinants of health (marketing, distribution and accessibility of foods and beverages containing sugars) can ensure all children have a good start in life. Identifying children at risk of becoming overweight early in life may provide opportunities for family interventions to reduce the risk of both obesity and caries. It may also provide information for the development of multidisciplinary teamwork, in addition to allowing public health efforts to focus on groups that are at greater risk. Further research is needed to test whether successful interventions to tackle childhood obesity can also benefit children's oral health. Preventing early introduction of sugars in children's diet could be a way forward [39,40].

Some limitations of this study need to be discussed as well. First, no causal inferences can be drawn from the cross-sectional data used in this study. Second, participants with missing data on obesity, caries or confounders were excluded. Since included children were more likely to be older, White and normal weight and to have more educated parents than excluded children, the present findings are not fully generalisable to the whole population of pre-school US children. Third, we used the dft score instead of the dmft score (which includes missing teeth too). This was because NHANES does not collect information on the reason for teeth's absence in young children. Therefore, our cumulative measures of caries experience are likely to be underestimated. Finally, the dietary assessment was based on parental reports of their child's intake over a single day (i.e., 24 h dietary recall), which might not represent the habitual diet of participants.

5. Conclusions

The relationship between obesity and dental caries in 2–5-year-old US children varied based on the definition of obesity and dental caries used. Associations were observed when obesity was defined using the IOTF standards and dental caries was defined using lifetime

indicators (dft score or caries experience). In addition, the relationship between obesity and caries was fully attenuated after adjusting for well-known determinants of both conditions (family SES and child sugars intake).

Author Contributions: Conceptualization, E.B.; formal analysis, É.T.d.A.P. and E.B.; writing—original draft, É.T.d.A.P.; writing—review and editing, S.C.L. and E.B. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Finance Code 001.

Institutional Review Board Statement: This study was based on secondary analysis of publicly available data. No ethics approval was required.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The NHANES data used for this report is freely available from <https://www.cdc.gov/nchs/nhanes/index.htm> (accessed on 23 September 2022).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Abarca-Gómez, L.; Abdeen, Z.A.; Hamid, Z.A.; Abu-Rmeileh, N.M.; Acosta-Cazares, B.; Acuin, C.; Adams, R.J.; Aekplakorn, W.; Afsana, K.; Aguilar-Salinas, C.A.; et al. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: A pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. *Lancet* **2017**, *390*, 2627–2642. [[CrossRef](#)]
2. Tinanoff, N.; Baez, R.J.; Diaz Guillory, C.; Donly, K.J.; Feldens, C.A.; McGrath, C.; Phantumvanit, P.; Pitts, N.B.; Seow, W.K.; Sharkov, N.; et al. Early childhood caries epidemiology, aetiology, risk assessment, societal burden, management, education, and policy: Global perspective. *Int. J. Paediatr. Dent.* **2019**, *29*, 238–248. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. World Health Organization. *Fact Sheet: Overweight and Obesity*; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2020.
4. United Nations Children's Fund; World Health Organization; World Bank Group. *Levels and Trends in Child Malnutrition: UNICEF/WHO/The World Bank Group Joint Child Malnutrition Estimates: Key Findings of the 2021 Edition*; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2022.
5. Bernabe, E.; Marceles, W.; Hernandez, C.R.; Bailey, J.; Abreu, L.G.; Alipour, V.; Amini, S.; Arabloo, J.; Arefi, Z.; Arora, A.; et al. Global, Regional, and National Levels and Trends in Burden of Oral Conditions from 1990 to 2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease 2017 Study. *J. Dent. Res.* **2020**, *99*, 362–373. [[CrossRef](#)]
6. Chen, D.; Zhi, Q.; Zhou, Y.; Tao, Y.; Wu, L.; Lin, H. Association between Dental Caries and BMI in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Caries Res.* **2018**, *52*, 230–245. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Paisi, M.; Kay, E.; Bennett, C.; Kaimi, I.; Witton, R.; Nelder, R.; Laphorne, D. Body mass index and dental caries in young people: A systematic review. *BMC Pediatr.* **2019**, *19*, 122. [[CrossRef](#)]
8. Angelopoulou, M.V.; Beinlich, M.; Crain, A. Early Childhood Caries and Weight Status: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pediatr. Dent.* **2019**, *41*, 261–272.
9. Manohar, N.; Hayen, A.; Fahey, P.; Arora, A. Obesity and dental caries in early childhood: A systematic review and meta-analyses. *Obes. Rev.* **2020**, *21*, e12960. [[CrossRef](#)]
10. Vazquez, C.E.; Cubbin, C. Socioeconomic Status and Childhood Obesity: A Review of Literature from the Past Decade to Inform Intervention Research. *Curr. Obes. Rep.* **2020**, *9*, 562–570. [[CrossRef](#)]
11. Moores, C.J.; Kelly, S.A.M.; Moynihan, P.J. Systematic Review of the Effect on Caries of Sugars Intake: Ten-Year Update. *J. Dent. Res.* **2022**, *101*, 1034–1045. [[CrossRef](#)]
12. Abbasalizad Farhangi, M.; Mohammadi Tofigh, A.; Jahangiri, L.; Nikniaz, Z.; Nikniaz, L. Sugar-sweetened beverages intake and the risk of obesity in children: An updated systematic review and dose-response meta-analysis. *Pediatr. Obes.* **2022**, *17*, e12914. [[CrossRef](#)]
13. Coker, M.O.; Lebeaux, R.M.; Hoen, A.G.; Moroishi, Y.; Gilbert-Diamond, D.; Dade, E.F.; Palys, T.J.; Madan, J.C.; Karagas, M.R. Metagenomic analysis reveals associations between salivary microbiota and body composition in early childhood. *Sci. Rep.* **2022**, *12*, 13075. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Hatipoglu, O.; Maras, E.; Hatipoglu, F.P.; Saygin, A.G. Salivary flow rate, pH, and buffer capacity in the individuals with obesity and overweight: A meta-analysis. *Niger. J. Clin. Pr.* **2022**, *25*, 1126–1142. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Leme, L.; Rizzardi, K.F.; Santos, I.B.; Parisotto, T.M. Exploring the Relationship between Salivary Levels of TNF- α , Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus gasseri, Obesity, and Caries in Early Childhood. *Pathogens* **2022**, *11*, 579. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
16. Marshall, T.A.; Eichenberger-Gilmore, J.M.; Broffitt, B.A.; Warren, J.J.; Levy, S.M. Dental caries and childhood obesity: Roles of diet and socioeconomic status. *Community Dent. Oral Epidemiol.* **2007**, *35*, 449–458. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

17. von Philipsborn, P.; Stratil, J.M.; Burns, J.; Busert, L.K.; Pfadenhauer, L.M.; Polus, S.; Holzapfel, C.; Hauner, H.; Rehfues, E. Environmental interventions to reduce the consumption of sugar-sweetened beverages and their effects on health. *Cochrane Database Syst. Rev.* **2019**, 6, Cd012292. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Sheiham, A.; Watt, R.G. The common risk factor approach: A rational basis for promoting oral health. *Community Dent. Oral Epidemiol.* **2000**, 28, 399–406. [[CrossRef](#)]
19. Center for Disease Control and Prevention. *NHANES Response Rates and Population Totals*; National Center for Health Statistics: Hyattsville, MD, USA, 2022.
20. Radike, A.W. Criteria for diagnosing dental caries. In Proceedings of the Conference on the Clinical Testing of Cariostatic Agents, Chicago, IL, USA, 14–16 October 1968; American Dental Association: Chicago, IL, USA, 1972; pp. 87–88.
21. Dye, B.A.; Afful, J.; Thornton-Evans, G.; Iafolla, T. Overview and quality assurance for the oral health component of the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), 2011–2014. *BMC Oral Health* **2019**, 19, 95. [[CrossRef](#)]
22. Center for Disease Control and Prevention. *NHANES Anthropometry Procedures Manual*; National Center for Health Statistics: Hyattsville, MD, USA, 2011; Volume 2022.
23. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr. Suppl.* **2006**, 450, 76–85. [[CrossRef](#)]
24. de Onis, M.; Onyango, A.W.; Borghi, E.; Siyam, A.; Nishida, C.; Siekmann, J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull. World Health Organ.* **2007**, 85, 660–667. [[CrossRef](#)]
25. Kuczumski, R.J.; Ogden, C.L.; Guo, S.S.; Grummer-Strawn, L.M.; Flegal, K.M.; Mei, Z.; Wei, R.; Curtin, L.R.; Roche, A.F.; Johnson, C.L. 2000 CDC Growth Charts for the United States: Methods and development. *Vital Health Stat.* **2002**, 246, 1–190.
26. Cole, T.J.; Lobstein, T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatr. Obes.* **2012**, 7, 284–294. [[CrossRef](#)]
27. Ahluwalia, N.; Dwyer, J.; Terry, A.; Moshfegh, A.; Johnson, C. Update on NHANES Dietary Data: Focus on Collection, Release, Analytical Considerations, and Uses to Inform Public Policy. *Adv. Nutr.* **2016**, 7, 121–134. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Bowman, S.A.; Clemens, J.C.; Shimizu, M.; Friday, J.E.; Moshfegh, A.J. *Food Patterns Equivalents Database 2015–2016: Methodology and User Guide* [Online]; Food Surveys Research Group, Beltsville Human Nutrition Research Center, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture: Beltsville, MD, USA, 2018.
29. Bowman, S.A. Added sugars: Definition and estimation in the USDA Food Patterns Equivalents Databases. *J. Food Compos. Anal.* **2017**, 64, 64–67. [[CrossRef](#)]
30. Willett, W.C.; Howe, G.R.; Kushi, L.H. Adjustment for total energy intake in epidemiologic studies. *Am. J. Clin. Nutr.* **1997**, 65, 1220S–1228S; discussion 1229S–1231S. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
31. Llorca-Colomer, F.; Murillo-Llorente, M.T.; Legidos-García, M.E.; Palau-Ferré, A.; Pérez-Bermejo, M. Differences in Classification Standards for the Prevalence of Overweight and Obesity in Children. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin. Epidemiol.* **2022**, 14, 1031–1052. [[CrossRef](#)]
32. Hayden, C.; Bowler, J.O.; Chambers, S.; Freeman, R.; Humphris, G.; Richards, D.; Cecil, J.E. Obesity and dental caries in children: A systematic review and meta-analysis. *Community Dent. Oral Epidemiol.* **2013**, 41, 289–308. [[CrossRef](#)]
33. Cole, T.J.; Lobstein, T. An improved algorithm to harmonize child overweight and obesity prevalence rates. *Pediatr. Obes.* **2022**, e12970. [[CrossRef](#)]
34. Ravaghi, V.; Rezaee, A.; Pallan, M.; Morris, A.J. Childhood obesity and dental caries: An ecological investigation of the shape and moderators of the association. *BMC Oral Health* **2020**, 20, 338. [[CrossRef](#)]
35. Elger, W.; Kiess, W.; Körner, A.; Schrock, A.; Vogel, M.; Hirsch, C. Influence of overweight/obesity, socioeconomic status, and oral hygiene on caries in primary dentition. *J. Investig. Clin. Dent.* **2019**, 10, e12394. [[CrossRef](#)]
36. Kopycka-Kedzierawski, D.T.; Auinger, P.; Billings, R.J.; Weitzman, M. Caries status and overweight in 2- to 18-year-old US children: Findings from national surveys. *Community Dent. Oral Epidemiol.* **2008**, 36, 157–167. [[CrossRef](#)]
37. Hong, L.; Ahmed, A.; McCunniff, M.; Overman, P.; Mathew, M. Obesity and dental caries in children aged 2–6 years in the United States: National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2002. *J. Public Health Dent.* **2008**, 68, 227–233. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
38. Macek, M.D.; Mitola, D.J. Exploring the association between overweight and dental caries among US children. *Pediatr. Dent.* **2006**, 28, 375–380. [[PubMed](#)]
39. Chi, D.L.; Luu, M.; Chu, F. A scoping review of epidemiologic risk factors for pediatric obesity: Implications for future childhood obesity and dental caries prevention research. *J. Public Health Dent.* **2017**, 77 (Suppl. 1), S8–S31. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Bernabé, E.; Ballantyne, H.; Longbottom, C.; Pitts, N.B. Early Introduction of Sugar-Sweetened Beverages and Caries Trajectories from Age 12 to 48 Months. *J. Dent. Res.* **2020**, 99, 898–906. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]