

Circunferência abdominal (CA) e Índice massa corporal (IMC) em adolescentes brasileiros: Implicações no desenvolvimento de resistência insulínica e diabetes tipo 2 - Um estudo do ERICA (Estudo Nacional de Fatores de Risco Cardiovascular em Adolescentes)

Dissertação

Cesar Pirajá Bandeira

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MÉDICAS: CARDIOLOGIA E
CIÊNCIAS CARDIOVASCULARES

**Circunferência abdominal (CA) e Índice massa corporal (IMC) em
adolescentes brasileiros: Implicações no desenvolvimento de
resistência insulínica e diabetes tipo 2 - Um estudo do ERICA
(Estudo Nacional de Fatores de Risco Cardiovascular em
Adolescentes)**

CESAR PIRAJÁ BANDEIRA

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. BEATRIZ D'AGORD SCHAAN

*Dissertação submetida como requisito para obtenção
do grau de Mestre ao Programa de Pós- Graduação
em Ciências da Saúde, Área de Concentração:
Cardiologia e Ciências Cardiovasculares, da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.*

PORTO ALEGRE/RS

2023

CIP - Catalogação na Publicação

Bandeira, Cesar Pirajá
Circunferência abdominal (CA) e Índice massa corporal (IMC) em adolescentes brasileiros: Implicações no desenvolvimento de resistência insulínica e diabetes tipo 2 - Um estudo do ERICA (Estudo Nacional de Fatores de Risco Cardiovascular em Adolescentes) / Cesar Pirajá Bandeira. -- 2023.
47 f.
Orientadora: Beatriz D'Agord Schaan.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e Ciências Cardiovasculares, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Obesidade. 2. Diabetes Melitus tipo 2. 3. Circunferência Abdominal. 4. Adolescentes. 5. Resistência à insulina. I. Schaan, Beatriz D'Agord, orient. II. Título.

Agradecimentos

Aos meus familiares e namorada, pelo amor, paciência e apoio incondicional que sempre me deram em todos os momentos da minha vida.

Aos meus amigos e colegas da residência de Medicina Interna do HCPA, que estiveram sempre presentes e me apoiaram nos momentos difíceis. Sem a colaboração e o trabalho em equipe de todos vocês, essa conquista não seria possível.

À minha orientadora, Profa. Dra. Beatriz D'Agord Schaan, por acreditar em mim, me orientar com dedicação, paciência e, acima de tudo, exigência. Sou muito grato por tudo que aprendi com a senhora.

E, por fim, um agradecimento especial ao Felipe Vogt Cureau, que sempre se mostrou disposto a ajudar no que fosse necessário. Suas contribuições foram fundamentais para o sucesso deste trabalho.

Mais uma vez, agradeço a todos que fizeram parte desta conquista, que é resultado de muito esforço e dedicação. Vocês fazem parte da minha história.

Lista de Figuras

Figure 1. Flowchart of the participants assessed. ERICA 2013-2014.

Lista de Tabelas

Table 1. Demographic and clinical characteristics of participants. ERICA 2013 - 2014.

Table 2. Prevalence of prediabetes, T2DM, and high HOMA-IR according to BMI-WC categories. ERICA 2013-2014.

Table 3. Association of BMI-WC categories with prediabetes and T2DM. ERICA 2013-2014.

Table 4. Association of BMI-WC categories with HOMA-IR as a continuous variable. ERICA 2013-2014.

Sumário

Resumo	9
Abstract	10
Introdução	11
Revisão de Literatura	13
Obesidade	13
Diabetes Melitus tipo 2	15
Índices Antropométricos	18
Referências	21
Tabelas e Figuras	27
Conclusões e Considerações finais	33

Lista de Siglas

ADA: American Diabetes Association

CA: Circunferência abdominal

CID-11: Classificação internacional de Doenças 11

DCNT: Doenças crônicas não transmissíveis

DM1: Diabetes mellitus tipo 1

DM2: Diabetes mellitus tipo 2

HbA1c: Hemoglobina glicada

HDL: High-density lipoprotein

HOMA-IR: Homeostasis model assessment for insulin resistance

IC95: Intervalo de confiança de 95%

IOTF: International Obesity Task Force

IMC: Índice massa corporal

LDL: Low-density lipoprotein

MODY: Maturity-Onset Diabetes of the Young

ORP: Odds ratio proporcional

OMS: Organização Mundial da Saúde

PNS: Pesquisa Nacional de Saúde

Pré-DM: Pré- diabetes

SSE - Status socioeconômico

SM: Síndrome Metabólica

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

WHO: World Health Organization

Resumo

Introdução: A obesidade e o diabetes mellitus tipo 2 (DM2) são problemas crescentes de saúde pública em todo o mundo. Medidas antropométricas, como índice de massa corporal (IMC) e circunferência abdominal (CA), têm sido utilizadas como preditores de risco de doença cardiovascular. A relação entre essas medidas e o risco de DM2 em adolescentes, no entanto, não é totalmente compreendida. Este estudo teve como objetivo investigar a associação das combinações de IMC e CA com resistência à insulina e risco de DM2 em uma amostra grande e representativa de adolescentes brasileiros. **Metodologia:** Estudo transversal que utilizou dados do Estudo Brasileiro de Riscos Cardiovasculares em Adolescentes (ERICA), realizado entre 2013-2014, que incluiu adolescentes de 12 a 17 anos de escolas públicas e privadas. Os participantes foram classificados em seis grupos de acordo com suas medidas antropométricas - IMC e CA. Para estudar a associação entre as categorias de adiposidade e a ocorrência de resistência à insulina, foram utilizados modelos de regressão linear. A relação entre adiposidade e pré-diabetes ou DM2 foi investigada utilizando modelos de regressão logística ordinal. **Resultados:** Foram incluídos 37.892 adolescentes. A prevalência de pré-DM e DM2 para a mesma categoria de IMC não aumentou com a presença de CA elevada. Em relação à resistência à insulina, para as mesmas categorias de IMC, ter CA elevada resultou em maior prevalência de HOMA-IR alterado. Na regressão logística ordinal, os únicos grupos com associação significativa ($p < 0,05$) foram aqueles com obesidade definida por IMC com CA elevada e obesidade com CA normal, ORPs respectivos de 1,96 (1,31-2,95) e 1,61 (1,37-1,88). Resultados semelhantes foram observados na relação entre os grupos e a resistência à insulina, onde o aumento da circunferência da cintura teve seu maior efeito quando associado à obesidade pelo índice de massa corporal (IMC). **Conclusão:** A combinação de IMC e CA é melhor para avaliar adolescentes em risco de desenvolver doenças crônicas, como DM2, e deve ser usada em conjunto durante a prática médica.

Palavras-chave: Índice massa corporal (IMC); Circunferência abdominal (CA); Resistência Insulínica; Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2); Adolescentes; ERICA; Obesidade;

Abstract

Background: Obesity and type 2 diabetes mellitus (T2DM) are growing public health issues around the world. Anthropometric measures, such as body mass index (BMI) and waist circumference (WC), have been used as predictors of cardiovascular disease risk. The relationship between these measures and the risk of T2DM in adolescents, however, is not fully understood. This study aimed to investigate the association of BMI and WC combinations with insulin resistance and T2DM risk in a large and representative sample of Brazilian adolescents. **Methodology:** This is a cross-sectional study using data from the Brazilian Study of Cardiovascular Risks in Adolescents (ERICA) conducted between 2013-2014 including 12 to 17 year old adolescents attending public or private schools. Participants were classified into six groups according to their anthropometric measurements – BMI and WC. To study the association between adiposity categories and the occurrence of insulin resistance, linear regression models were used. The relationship between adiposity and prediabetes or diabetes was investigated using ordinal logistic regression models. **Results:** 37,892 adolescents were included. Prevalence of T2DM for the same BMI category did not increase with the presence of elevated WC. Regarding insulin resistance, for the same BMI categories, having an elevated WC resulted in a higher prevalence of altered HOMA-IR. In the ordinal logistic regression, the only groups with significant association ($p < 0.05$) were those with obesity defined by BMI with elevated WC and obesity with normal WC, respective ORs of 1.96 (1.31-2.95) and 1.61 (1.37-1.88). Similar findings were observed in the relationship between the groups and insulin resistance, where the increased WC had its greatest effect when associated with obesity by BMI. **Conclusion:** The combination of BMI and WC is better for assessing adolescents at risk of developing chronic diseases such as T2DM and should be used together during medical practice. **Keywords:** Body Mass Index (BMI); Waist Circumference (WC); Insulin Resistance; Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM); Adolescents; ERICA; Obesity.

Introdução

De acordo com a Classificação internacional de Doenças 11 (CID-11), obesidade é uma doença crônica e complexa definida por excesso de adiposidade que pode ter impacto na saúde global. (“International Classification of Diseases Eleventh Revision (ICD-11). Geneva: World Health Organization; 2022. License: CC BY-ND 3.0 IGO.”, [s.d.]; ROGLIC; WORLD HEALTH ORGANIZATION, [s.d.]) Na população adulta, a obesidade representa 63% do total global de mortes causadas pelas doenças crônicas não transmissíveis (DCNT).(DE CARVALHO MELO et al., 2020) Sua prevalência aumentou rapidamente nas últimas décadas, de modo que, atualmente, 2,1 bilhões de adultos vivem com sobrepeso/obesidade, o que representa quase 30% da população mundial.(ABARCA-GÓMEZ et al., 2017) No Brasil, segundo a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) de 2019, o percentual de adultos com obesidade mais do que dobrou em 17 anos, aumentando de 12,2%, entre 2002 e 2003, para 26,8%, em 2019. No mesmo intervalo de tempo, a proporção da população adulta com excesso de peso passou de 43,3% para 61,7%, representando mais da metade dos brasileiros.

O aumento na prevalência de obesidade é também observado em crianças e adolescentes, passando de 0,8% em 1975 para aproximadamente 7% em 2016. No Brasil, a prevalência de sobrepeso e obesidade em adolescentes aumentou seis vezes em meninos (4% para 28%) e três vezes em meninas (8% para 23%) desde a década de 70. Hoje, em nosso país, um em cada cinco adolescentes com idades entre 15 e 17 anos está com excesso de peso, sendo a obesidade a doença crônica mais comum nessa faixa etária.(SBARAINI et al., 2020b)

Assim sendo, é inegável que a obesidade constitui importante problema de saúde pública e que o entendimento de sua fisiopatologia e suas implicações como fator de risco para comorbidades são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas. Entre as comorbidades associadas à obesidade está o diabetes mellitus tipo 2 (DM2). O DM2 é uma doença crônica complexa que, além de exigir cuidado médico contínuo, necessita de diferentes estratégias multifatoriais para o controle e prevenção não só de fatores de risco,

mas também de suas complicações agudas e crônicas.(ALBERTI et al., 2009; ELSAYED et al., 2023; STUMVOLL; GOLDSTEIN; VAN HAEFTEN, 2005) Dados do estudo NHANES III demonstraram que, apesar da prevalência de outras doenças relacionadas à obesidade, como dislipidemia e hipertensão arterial estarem diminuindo nos EUA, a prevalência de diabetes permanece alta tornando-se uma das DCNT mais comuns e com grande impacto na saúde da população do país.(HARRIS et al., 1988) No *Bogalusa Heart Study*, 9167 crianças e adolescentes entre 5 e 17 anos foram avaliadas entre 1973 e 1994 quanto aos fatores de risco cardiovasculares, encontrando-se ~11% de prevalência de sobrepeso; dessas crianças, 58% tinham no mínimo um fator de risco cardiovascular quando adultos.(BERENSON et al., 2016, [s.d.]) Ou seja, em crianças e adolescentes, apesar da doença cardiovascular ainda não ser comum, pode a obesidade levar a aumento da prevalência de fatores de risco, os quais tendem a se manter até a idade adulta e acelerar o processo de dano vascular continuamente.(ERALD et al., 1998; FRANKS et al., 2010a)

Nesse contexto, explorar índices antropométricos que se correlacionam com obesidade, ferramentas baratas, práticas e seguras para a avaliação de risco cardiovascular, podem trazer grande contribuição na prevenção e tratamento precoces da obesidade e DM2.(KE et al., 2022) A principal ferramenta diagnóstica aceita e que é frequentemente usada como preditor de morbidade e mortalidade de diferentes doenças crônicas, entre elas DM2, é o índice de massa corporal (IMC). Entretanto, limitações do IMC, como a falta de acurácia na avaliação da adiposidade e o fato de não refletir a distribuição regional de gordura corporal podem ser questionados.(JANSSEN; KATZMARZYK; ROSS, 2004; JAYEDI et al., 2020; KE et al., 2022; PISCHON et al., 2008; SHIRASAWA et al., 2019) Recentemente, uma revisão sistemática com meta-análise mostrou que, paradoxalmente, aqueles com sobrepeso tiveram menor mortalidade por todas as causas do que o grupo com IMC normal.(FLEGAL et al., 2013) Esses dados sugerem que outros fatores, possivelmente metabólicos e distribuição da adiposidade corporal, podem afetar a mortalidade e morbidade dentro das mesmas categorias de IMC.(KRAMER; ZINMAN; RETNAKARAN, 2013)

É fato que indivíduos na mesma faixa de IMC podem ter características metabólicas distintas, o que, como sugerido pelas evidências existentes, se deve, entre outros, à presença da obesidade central e a deposição abdominal de

gordura. (“COMMENTS AND RESPONSES Metabolically Healthy Overweight and Obesity”, 2014; KRAMER; ZINMAN; RETNAKARAN, 2013) Nesse sentido, outras medidas antropométricas, como a circunferência abdominal (CA), ganharam importância na pesquisa clínica, já que ela vem sendo sugerida como indicador mais preciso de gordura visceral que o IMC em adultos. (JAYEDI et al., 2022; PAZIN et al., 2021) Não obstante, essa relação ainda não foi totalmente esclarecida em crianças e adolescentes, podendo ser uma ferramenta útil na triagem de fatores de risco cardiovasculares como DM2, síndrome metabólica e hipertensão arterial sistêmica em adolescentes, principalmente nos indivíduos que apresentam o IMC normal. (ARNOLD et al., 2014; WEBER et al., 2014)

Considerando o acima exposto, o objetivo deste trabalho é investigar a associação entre as combinações de IMC e CA com a resistência insulínica e um dos principais fatores de risco cardiovascular, o DM2 em uma amostra grande e representativa de adolescentes brasileiros do Estudo de Riscos Cardiovasculares em Adolescentes (ERICA), assim como observar se essas associações são semelhantes às encontradas em estudos realizados com adultos.

Revisão de Literatura

Obesidade

De acordo com a Classificação internacional de Doenças 11 (CID-11), obesidade é uma doença crônica e complexa definida por excesso de adiposidade que pode ter impacto na saúde global. (“International Classification of Diseases Eleventh Revision (ICD-11). Geneva: World Health Organization; 2022. License: CC BY-ND 3.0 IGO.”, [s.d.]; ROGLIC; WORLD HEALTH ORGANIZATION, [s.d.]) Na população adulta, a obesidade representa 63% do total global de mortes causadas pelas doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). (DE CARVALHO MELO et al., 2020) Sua prevalência aumentou rapidamente nas últimas décadas, de modo que, atualmente, 2,1 bilhões de adultos vivem com sobrepeso/obesidade, o que representa quase 30% da população mundial. (ABARCA-GÓMEZ et al., 2017) No Brasil, segundo a

Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) de 2019, o percentual de adultos com obesidade mais do que dobrou em 17 anos, aumentando de 12,2%, entre 2002 e 2003, para 26,8%, em 2019. No mesmo intervalo de tempo, a proporção da população adulta com excesso de peso passou de 43,3% para 61,7%, representando mais da metade dos brasileiros

Esse aumento também é observado na faixa pediátrica. A obesidade entre crianças e adolescentes está alcançando proporções epidêmicas em diversos países devido ao seu dramático acréscimo nos últimos anos, indo de 0,8% em 1975 para aproximadamente 7% em 2016.(BENTHAM et al., 2017; MOKHA et al., 2010a; SBARAINI et al., 2020a) No Brasil, tal relação também é evidente. De acordo com dados recentes, a prevalência de sobrepeso e obesidade em adolescentes aumentou seis vezes em meninos (4% para 28%) e três vezes em meninas (8% para 23%) desde a década de 70.(SBARAINI et al., 2020a) Hoje, em nosso país, um em cada cinco adolescentes com idades entre 15 e 17 anos está com excesso de peso, sendo que a obesidade é a doença crônica mais comum nessa faixa etária.(PAZIN et al., 2020; “Um em cada quatro adultos do país estava obeso em 2019; Atenção Primária foi bem avaliada | Agência de Notícias | IBGE”, [s.d.]

Os elevados índices de obesidade na faixa pediátrica tiveram impacto na prevalência de doenças crônicas, como o diabetes melitus tipo 2 e no desenvolvimento de síndrome metabólica (SM). Diabetes, obesidade, e síndrome metabólica são fatores de risco para doença arterial coronariana em adultos, exercendo efeitos adicionais aos demais fatores de risco clássicos (fumo, hipertensão arterial, tabagismo, dislipidemia) à medida que se associam.(STAMLER et al., 1993) Em persistindo este aumento de prevalência de obesidade, a probabilidade é de que doenças que antes eram apenas observadas em adultos possam ser causa de morbidade e mortalidade em adultos jovens e em adolescentes. Dados do estudo NHANES III demonstraram que, apesar da prevalência de outras doenças relacionadas à obesidade, como dislipidemia e hipertensão arterial estarem diminuindo nos EUA, a prevalência de diabetes permanece alta tornando-se uma das DCNT mais comuns e com grande impacto na saúde da população do país.(HARRIS et al., 1988). No *Bogalusa Heart Study*, 9167 crianças e adolescentes entre 5 e 17 anos foram avaliadas em sete estudos transversais conduzidos entre 1973 e 1994 quanto

aos fatores de risco cardiovasculares, encontrando-se ~11% de prevalência de sobrepeso; dessas crianças, 58% tinham no mínimo um fator de risco cardiovascular quando adultos.(BERENSON et al., 1992) Resultados em uma coorte de crianças acompanhadas em longo prazo mostraram que obesidade, tolerância diminuída à glicose e hipertensão arterial associaram-se fortemente com morte prematura. Importante lembrar que em crianças e adolescentes, apesar da doença cardiovascular ainda não ser comum, pode a obesidade levar a aumento da prevalência de fatores de risco, os quais tendem a se manter até a idade adulta e acelerar o processo de dano vascular continuamente.(FRANKS et al., 2010b) Portanto, os maiores problemas dessa epidemia, além dos altos custos aos serviços de saúde, serão vistos nas próximas gerações de adultos.(PAZIN et al., 2017a)

No que tange à SM, trata-se de entidade que reúne diferentes fatores de riscos cardiovasculares conhecidos relacionados ao desenvolvimento futuro de doença cardiovascular e diabetes. Apesar de existirem diversas propostas para estabelecer suas definições em crianças e adolescentes, todas contemplam as mesmas variáveis, entre elas: aumento de circunferência abdominal (CA), pressão arterial elevada, aumento de triglicerídeos e aumento de glicemia. De acordo com dados do ERICA, estudo realizado em adolescentes entre 12 e 17 anos ao redor de todo Brasil, sua prevalência foi de 2,6% entre a população estudada. Ainda, foi observada forte associação com *status* nutricional, uma vez que a sua frequência foi seis vezes maior em adolescentes com obesidade em comparação a adolescentes com sobrepeso.(KUSCHNIR et al., 2016)

Diabetes Mellitus tipo 2

Diabetes mellitus tipo 2 é uma doença crônica complexa que, além de exigir cuidado médico contínuo, necessita de diferentes estratégias multifatoriais tanto no controle como na prevenção, não só de fatores de risco, mas também de complicações agudas e crônicas relacionadas à doença.(CARE; SUPPL, 2019a) Atualmente, sua prevalência vem aumentando em todo o mundo, principalmente em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. Dados da *World Health Organization* (WHO), mostram que nas últimas três décadas sua prevalência global aumentou de 4,7% para 8,5%, sendo que no Brasil, em 2016,

sua prevalência foi de 11,9%. (“Obesity and overweight”, [s.d.]; TELO et al., 2019) Ainda, devido a esse acréscimo de aproximadamente 70% na sua prevalência desde o ano 2000, o diabetes passou a ocupar 9º lugar no *ranking* de top10 causas de morte mundial, sendo diretamente responsável por uma estimativa de 1.5m de mortes mundialmente no ano de 2019. (“Diabetes”, [s.d.]; “WHO reveals leading causes of death and disability worldwide: 2000-2019”, [s.d.]) Como dito anteriormente, a obesidade é grande responsável por essa mudança, um estudo com mais de 44 mil pacientes com diabetes tipo 2 na Suécia mostrou que a prevalência de fatores de risco cardiovascular em indivíduos obesos era muito maior do que em indivíduos com peso normal e após anos de seguimento ainda foi um forte preditor de hipertensão, dislipidemia e microalbuminúria, fatores de risco cardiovasculares importantes na DM2. (RIDDERSTRÅLE et al., 2006)

Esse aumento de prevalência também aconteceu na população pediátrica: dados recentes nos Estados Unidos sugerem uma incidência de aproximadamente 5000 casos novos por ano de diabetes tipo 2 em adolescentes.(CARE; SUPPL, 2021) Já no Brasil, de acordo com estudos recentes, temos uma prevalência de 3.3% de diabetes tipo 2 em adolescentes entre 12-17 anos, o que representa, caso extrapolássemos para população total, aproximadamente 213.830 adolescentes vivendo com a doença.(TELO et al., 2019) Ainda, de acordo com outro estudo baseado nesse mesmo banco de dados, 1/5 dos adolescentes no Brasil apresentam níveis elevados de hemoglobina glicada (Hb1Ac).(DE CÁSSIA LIMA FERNANDES et al., 2017) A obesidade também é um dos fatores de risco mais importantes nessa faixa etária, sendo que em um estudo com 1.578 adolescentes, Goodman et al. relataram a obesidade como a correlação predominante com riscos cardiovasculares em adolescentes saudáveis. (GOODMAN et al., 2005)

Uma vez que, na América do Norte, quase todos adolescentes com diabetes tipo 2 têm sobrepeso ou obesidade, a *American Diabetes Association* (ADA) sugere rastreio dessa condição para todos esses adolescentes após a puberdade ou com mais de 10 anos de idade, o que vier primeiro, que apresentam além disso um fator de risco adicional para diabetes.(CARE; SUPPL, 2021) Os critérios laboratoriais para diagnóstico de diabetes tipo 2 e prediabetes são os mesmos entre adolescentes e adultos, portanto, rastreio com glicemia em jejum, teste oral de tolerância à glicose (TOTG) ou Hb1Ac é

aceitável.(CARE; SUPPL, 2019b) Entretanto, apesar de diversos estudos questionarem a validade do Hb1Ac para identificar disglucemia em adolescentes e sugerirem que o teste subestima a prevalência de diabetes tipo 2 e prediabetes, diferentes órgãos como *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) e ADA recomendam seu uso para rastreamento em adolescentes de alto risco.(CARE; SUPPL, 2019b; DE CÁSSIA LIMA FERNANDES et al., 2017)

O diabetes tipo 2 tem uma patogênese multifatorial. A maioria dos pacientes tem uma combinação de resistência à insulina e disfunção da secreção de insulina (disfunção das células beta). Ambos contribuem para o diabetes tipo 2, que tem maior demanda de ação da insulina causada pela resistência que não é compensada pela secreção de insulina. (ELSAYED et al., 2023; STUMVOLL; GOLDSTEIN; VAN HAEFTEN, 2005)

Dentre os diferentes métodos para avaliação da resistência à insulina, o *clamp* hiperinsulinêmico-euglicêmico, é o padrão ouro, mas sua aplicação tanto na prática clínica quanto em estudos populacionais é limitada devido ao seu alto custo e complexidade.(DE BARROS CAXIANO CHISSINI et al., 2020) Alternativamente, um índice bastante utilizado em adultos e crianças é o *homeostasis model assessment for insulin resistance* (HOMA-IR). Seu uso em adolescentes foi validado por comparação com o método padrão ouro, de forma que, através de um modelo matemático simples, obtém-se uma medida indireta da resistência à insulina exigindo apenas uma medida de glicose plasmática e insulinemia em jejum. (PAZIN et al., 2021; ROMUALDO; DE NÓBREGA; ESCRIVÃO, 2014)

A causa fundamental da resistência à insulina tem sido historicamente atribuída a fatores "ambientais", como comer demais, estilo de vida sedentário e a obesidade, com contribuições menores do envelhecimento e da hereditariedade.(KOLB; MARTIN, 2017) Por outro lado, a secreção defeituosa de insulina deve-se em grande parte a efeitos genéticos e à programação pré-natal da massa e função das células beta. Além disso, a hiperglicemia pode prejudicar a função das células beta pancreáticas e agravar a resistência à insulina ("glicotoxicidade"), resultando em um ciclo vicioso de hiperglicemia levando a um pior estado metabólico. (ELSAYED et al., 2023; TINAJERO; MALIK, 2021)

Ainda, há evidências de que anormalidades primárias na atividade das células beta podem surgir precocemente na etiologia da doença. É provável que a resistência à insulina piore com a idade e o peso, revelando uma deficiência subjacente na atividade das células beta em pacientes vulneráveis, resultando em tolerância reduzida à glicose e, finalmente, hiperglicemia evidente. (WEIR; GAGLIA; BONNER-WEIR, 2020)

No que diz respeito a fisiopatologia do DM2 na juventude, embora compartilhe características com o DM2 no adulto, algumas características únicas foram identificadas. Como demonstrado por estudos como TODAY (*The Treatment Options for Type 2 Diabetes in Adolescents and Youth*) e RISE (*Restoring Insulin Secretion*), há uma deterioração relativamente rápida da função das células β em adolescentes em comparação com o declínio mais lento descrito em adultos com DM2. Nesses estudos, a função deficiente das células β , e não a sensibilidade à insulina, foi um fator determinante para a perda do controle glicêmico. (“A Clinical Trial to Maintain Glycemic Control in Youth with Type 2 Diabetes”, 2012; BJORNSTAD et al., 2022; EDELSTEIN et al., 2018; SHAH et al., 2022; VINER; WHITE; CHRISTIE, 2017) Como a puberdade está associada a mudanças fisiológicas e consequente aumento na resistência à insulina independentemente das alterações na composição corporal, a demanda do pâncreas pode ser maior durante a adolescência. (ARSLANIAN et al., 2018; BJORNSTAD et al., 2022; HANNON; JANOSKY; ARSLANIAN, 2006; RECKZIEGEL et al., 2023) Alternativamente, um maior grau de obesidade e resistência à insulina pode ser necessário para desenvolver DM2 nessa faixa etária em relação aos adultos, em que o pâncreas pode ser menos saudável. (BJORNSTAD et al., 2022)

Índices Antropométricos

Explorar índices antropométricos que se correlacionam com obesidade, ferramentas baratas, práticas e seguras para a avaliação de risco cardiovascular, podem trazer grande contribuição na prevenção e tratamento precoces da obesidade e DM2. (KE et al., 2022) A principal ferramenta diagnóstica aceita e que é frequentemente usada como preditor de morbidade e mortalidade de diferentes doenças crônicas, entre elas DM2, é o índice de massa corporal (IMC).

Trata-se de um indicativo da adiposidade corporal e seu cálculo é dado pelo peso (kg) dividido pela altura ao quadrado (m). Em crianças, não existe um consenso sobre o valor de IMC que define sobrepeso ou obesidade. O *International Obesity Task Force* (IOTF) sugere um ponto de corte calculado pelo percentual correspondente de IMC aos 18 anos de idade (sobrepeso >25 e <30 kg/m²; obesidade >30 e <35 kg/m²; obesidade severa >35 kg/m²). Já a *World Health Organization* (WHO) se baseia em tabelas específicas para sexo e idade: crianças de 5 a 19 anos devem estar acima de um percentil 85th ou z-score $>+1$ para serem classificadas como tendo sobrepeso e acima do percentil >95 th ou z-score $>+2$ para serem classificadas como tendo obesidade. (COLE; LOBSTEIN, 2012a)

Entretanto, limitações do IMC, como a falta de acurácia na avaliação da adiposidade, a ausência de consenso sobre o ponto de corte e a maior suscetibilidade a erros de cálculo, vêm sendo trazidos por diversos estudos nas últimas décadas.(COLE; LOBSTEIN, 2012b; HE et al., 2018; JANSSEN; KATZMARZYK; ROSS, 2004) Além disso, a limitação mais importante do IMC é que o mesmo não reflete a distribuição regional de gordura corporal.(JANSSEN; KATZMARZYK; ROSS, 2004; JAYEDI et al., 2020; KE et al., 2022; PISCHON et al., 2008; SHIRASAWA et al., 2019) Recentemente, uma revisão sistemática com meta-análise mostrou que, paradoxalmente, aqueles com sobrepeso tiveram menor mortalidade por todas as causas do que o grupo com IMC normal.(FLEGAL et al., 2013) Esses dados evidenciam a complexidade de estimar o risco de uma pessoa e sugerem que outros fatores, possivelmente metabólicos, podem afetar a mortalidade e morbidade dentro das mesmas categorias de IMC. (KRAMER; ZINMAN; RETNAKARAN, 2013)

É fato que indivíduos na mesma faixa de IMC podem ter características metabólicas distintas, o que, como sugerido pelas evidências existentes, se deve, entre outros, à presença da obesidade central e a deposição abdominal de gordura.(“COMMENTS AND RESPONSES Metabolically Healthy Overweight and Obesity”, 2014; KRAMER; ZINMAN; RETNAKARAN, 2013) Nesse sentido, outras medidas antropométricas, como a circunferência abdominal (CA), ganharam importância na pesquisa clínica. Achados diferentes foram descritos na literatura no que tange à relação da CA com fatores de risco cardiovascular. Em adultos, apesar de ser um tema em constante debate, CA é um marcador

confiável de obesidade abdominal conforme demonstrado por métodos de aferição diretos como a ressonância magnética.(GRUNDY et al., 2013; HUBER et al., 2020) A presença desse tipo de obesidade é vista como um órgão endócrino complexo e altamente ativo, o qual através da liberação de hormônios e citocinas desempenha um papel importante na desregulação de processos inflamatórios e metabólicos, estando associado a diferentes mecanismos diabetogênicos e aterogênicos como resistência à insulina, aumento de triglicerídeos e apolipoproteína B e diminuição de colesterol HDL (*high-density lipoprotein*). Ou seja, obesidade visceral é fator de risco importante para DM2, SM e outras doenças cardiovasculares, estando associada à mortalidade geral e cardiovascular, independente do IMC. (GNATIUC et al., 2019; JACOBS et al., [s.d.]; JAYEDI et al., 2020, 2022; PISCHON et al., 2008; REIS et al., 2009; SIMPSON et al., 2007)

Entre crianças e adolescentes essa relação não é bem estabelecida, pois os estudos existentes são conflitantes em relação à melhor medida antropométrica a indicar obesidade central e a sua relação com os fatores de risco cardiovasculares.(ELOI et al., 2017; KE et al., 2022; PAZIN et al., 2021) Conforme demonstrado pelo estudo envolvendo adolescentes iranianos (CASPIAN III), a associação entre combinações de obesidade geral e abdominal difere de acordo com o desfecho (fator de risco) avaliado.(QORBANI et al., 2013) Pazin demonstra em dois trabalhos com bancos de dados distintos que a CA aumentada está associada com pressão arterial elevada em crianças com IMC normal.(PAZIN et al., 2017b, 2020) Outro estudo realizado com base no banco de dados do *The Bogalusa Heart Study* incluindo crianças de 4-18 anos, também constatou por meio da relação cintura-quadril uma associação entre obesidade abdominal e alguns fatores de risco cardiovasculares como aumento de colesterol LDL e triglicerídeos, diminuição de colesterol HDL e maior prevalência de síndrome metabólica.(MOKHA et al., 2010b) Dentre os participantes com obesidade central mas peso normal, 5,88% tinham síndrome metabólica, enquanto apenas 0,26% daqueles com peso normal, mas sem obesidade central tinham síndrome metabólica. Isso também foi observado entre crianças e adolescentes chineses, em que a presença de obesidade abdominal foi mais fortemente associada à síndrome metabólica do que o IMC.(CHEN et al., 2012)

Além disso, o uso da CA pode ser limitado devido à mudança na composição corporal causada pelo crescimento e desenvolvimento acentuado desse período. Ao comparar medidas antropométricas e a avaliação da gordura abdominal através de métodos de imagem em adolescentes, a CA apresentou melhor correlação com a adiposidade visceral do que outros parâmetros antropométricos.(ELOI et al., 2017) Por outro lado, em adolescentes mexicanos com obesidade, a relação cintura-quadril foi superior na identificação de fatores de risco cardiovasculares.(RODEA-MONTERO; EVIA-VISCARRA; APOLINAR-JIMÉNEZ, 2014) O mesmo foi sugerido por Robert Ross e colegas ao afirmar que em crianças e adolescentes em fase de crescimento, a razão cintura-estatura pode ser mais útil para a classificação da obesidade abdominal do que apenas a circunferência da cintura.(ROSS et al., 2020) Não obstante, embora o cálculo da CA seja relativamente simples, limitações como a ausência de um consenso sobre o melhor protocolo para realizar a medida e a existência de diferentes pontos de corte com variação de acordo com sexo, idade e etnia, fragilizam o uso dessa medida.(KE et al., 2022; ROSS et al., 2020)

Referências

A Clinical Trial to Maintain Glycemic Control in Youth with Type 2 Diabetes. **New England Journal of Medicine**, v. 366, n. 24, p. 2247–2256, 14 jun. 2012.

ABARCA-GÓMEZ, L. 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. **The Lancet**, v. 390, n. 10113, p. 2627–2642, dez. 2017.

ALBERTI, K. G. M. M. et al. **Harmonizing the metabolic syndrome: A joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; National heart, lung, and blood institute; American heart association; World heart federation; International atherosclerosis society; And international association for the study of obesity.** **Circulation**, out. 2009.

ARNOLD, T. J. et al. Neck and waist circumference biomarkers of cardiovascular risk in a cohort of predominantly african-american college students: A preliminary study. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 114, n. 1, p. 107–116, jan. 2014.

ARSLANIAN, S. et al. Insulin sensitivity across the lifespan from obese adolescents to obese adults with impaired glucose tolerance: Who is worse off? **Pediatric Diabetes**, v. 19, n. 2, p. 205–211, 1 mar. 2018.

BENTHAM, J. 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. **The Lancet**, v. 390, n. 10113, p. 2627–2642, 16 dez. 2017.

BERENSON, G. S. et al. Atherosclerosis of the aorta and coronary arteries and cardiovascular risk factors in persons aged 6 to 30 years and studied at necropsy (The Bogalusa Heart Study). **The American journal of cardiology**, v. 70, n. 9, p. 851–858, out. 1992.

BERENSON, G. S. et al. Adiposity and Cardiovascular Risk Factor Variables in Childhood Are Associated With Premature Death From Coronary Heart Disease in Adults: The Bogalusa Heart Study. **American Journal of the Medical Sciences**, v. 352, n. 5, p. 448–454, 1 nov. 2016.

BERENSON, G. S. et al. **Atherosclerosis of the Aorta and Coronary Arteries and Cardiovascular Risk Factors in Persons Aged 6 to 30 Years and Studied at Necropsy (The Bogalusa Heart Study)**. [s.l.: s.n.].

BJORNSTAD, P. et al. **Youth-onset type 2 diabetes mellitus: an urgent challenge**. **Nature Reviews Nephrology** Nature Research, , 1 mar. 2022.

CARE, D.; SUPPL, S. S. Introduction : Standards of Medical Care in Diabetes 2021. v. 42, n. January, p. 2018–2019, 2019a.

CARE, D.; SUPPL, S. S. 2. Classification and diagnosis of diabetes: Standards of medical care in diabetes 2019. **Diabetes Care**, v. 42, n. January, p. S13–S28, 2019b.

CARE, D.; SUPPL, S. S. Children and adolescents: Standards of medical care in diabetes—2021. **Diabetes Care**, v. 44, n. January, p. S180–S199, 2021.

CHEN, F. et al. Association between Childhood Obesity and Metabolic Syndrome: Evidence from a Large Sample of Chinese Children and Adolescents. **PLoS ONE**, v. 7, n. 10, 17 out. 2012.

COLE, T. J.; LOBSTEIN, T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. **Pediatric Obesity**, v. 7, n. 4, p. 284–294, 2012a.

COMMENTS AND RESPONSES Metabolically Healthy Overweight and Obesity. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <www.acponline.org/authors/icmje/ConflictOfInterestForms.do?msNum>.

DE BARROS CAXIANO CHISSINI, R. et al. Cutoff values for HOMA-IR associated with metabolic syndrome in the Study of Cardiovascular Risk in Adolescents (ERICA Study). **Nutrition**, v. 71, p. 110608, 2020.

DE CARVALHO MELO, S. P. DA S. et al. Overweight and obesity and associated factors in adults in a poor urban area of Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 23, p. 1–14, 2020.

DE CÁSSIA LIMA FERNANDES, R. et al. Prevalence of high HbA1c levels in Brazilian adolescents: The Study of Cardiovascular Risk in Adolescents. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v. 125, p. 1–9, 2017.

Diabetes. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>>. Acesso em: 6 maio. 2021.

EDELSTEIN, S. L. et al. **Metabolic contrasts between youth and adults with impaired glucose tolerance or recently diagnosed type 2 diabetes: I. Observations using the hyperglycemic Clamp**. *Diabetes Care*. **Anais...American Diabetes Association Inc.**, 1 ago. 2018.

ELOI, J. C. et al. Quantification of abdominal fat in obese and healthy adolescents using 3 tesla magnetic resonance imaging and free software for image analysis. **PLoS ONE**, v. 12, n. 1, 1 jan. 2017.

ELSAYED, N. A. et al. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Care in Diabetes—2023. **Diabetes Care**, v. 46, p. S19–S40, 1 jan. 2023.

ERALD, G. et al. **ASSOCIATION BETWEEN MULTIPLE CARDIOVASCULAR RISK FACTORS AND ATHEROSCLEROSIS IN CHILDREN AND YOUNG ADULTS A BSTRACT Background In adults, cardiovascular risk factors**. [s.l: s.n.].

FLEGAL, K. M. et al. **Association of all-cause mortality with overweight and obesity using standard body mass index categories a systematic review and meta-analysis**. **JAMA**American Medical Association, , 2 jan. 2013.

FRANKS, P. W. et al. **Childhood Obesity, Other Cardiovascular Risk Factors, and Premature Death A bs tr ac t From the Diabetes Epidemiology and Clinical Research Section, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, National Institutes ofn engl j med**. [s.l: s.n.].

FRANKS, P. W. et al. Childhood obesity, other cardiovascular risk factors, and premature death. **The New England journal of medicine**, v. 362, n. 6, p. 485–493, fev. 2010b.

GNATIUC, L. et al. General and Abdominal Adiposity and Mortality in Mexico City: A Prospective Study of 150 000 Adults. **Annals of internal medicine**, v. 171, n. 6, p. 397–405, 17 set. 2019.

GOODMAN, E. et al. Factor analysis of clustered cardiovascular risks in adolescence: Obesity is the predominant correlate of risk among youth. **Circulation**, v. 111, n. 15, p. 1970–1977, 19 abr. 2005.

GRUNDY, S. M. et al. Waist circumference as measure of abdominal fat compartments. **Journal of Obesity**, v. 2013, 2013.

HANNON, T. S.; JANOSKY, J.; ARSLANIAN, S. A. Longitudinal study of physiologic insulin resistance and metabolic changes of puberty. **Pediatric Research**, v. 60, n. 6, p. 759–763, dez. 2006.

HARRIS, M. I. et al. **The Third National Health and Nutrition Examination Survey**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://diabetesjournals.org/care/article-pdf/21/4/518/664325/21-4-518.pdf>>.

HE, X. et al. Overweight Without Central Obesity, Cardiovascular Risk, and All-Cause Mortality. **Mayo Clinic Proceedings**, v. 93, n. 6, p. 709–720, 1 jun. 2018.

HUBER, F. A. et al. **MRI in the assessment of adipose tissues and muscle composition: How to use it. Quantitative Imaging in Medicine and Surgery** AME Publishing Company, , 1 ago. 2020.

International Classification of Diseases Eleventh Revision (ICD-11). Geneva: World Health Organization; 2022. License: CC BY-ND 3.0 IGO.

JACOBS, E. J. et al. **Waist Circumference and All-Cause Mortality in a Large US Cohort**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.archinternmed>>.

JANSSEN, I.; KATZMARZYK, P. T.; ROSS, R. Waist circumference and not body mass index explains obesity-related health risk. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, n. 3, p. 379–384, 2004.

JAYEDI, A. et al. **Central fatness and risk of all cause mortality: Systematic review and dose-response meta-analysis of 72 prospective cohort studies**. **The BMJ** BMJ Publishing Group, , 23 set. 2020.

JAYEDI, A. et al. **Anthropometric and adiposity indicators and risk of type 2 diabetes: systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies**. **The BMJ** BMJ Publishing Group, , 18 jan. 2022.

KE, J. F. et al. Waist-to-height ratio has a stronger association with cardiovascular risks than waist circumference, waist-hip ratio and body mass index in type 2 diabetes. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v. 183, 1 jan. 2022.

KOLB, H.; MARTIN, S. **Environmental/lifestyle factors in the pathogenesis and prevention of type 2 diabetes**. **BMC Medicine** BioMed Central Ltd., , 19 jul. 2017.

KRAMER, C. K.; ZINMAN, B.; RETNAKARAN, R. **Are Metabolically Healthy Overweight and Obesity Benign Conditions? A Systematic Review and Meta-analysis**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <www.annals.org>.

KUSCHNIR, M. C. C. et al. ERICA: Prevalence of metabolic syndrome in Brazilian adolescents. **Revista de Saude Publica**, v. 50, n. suppl 1, p. 1s–13s, 2016.

MOKHA, J. S. et al. Utility of waist-to-height ratio in assessing the status of central obesity and related cardiometabolic risk profile among normal weight and overweight/obese children: The Bogalusa Heart Study. **BMC Pediatrics**, v. 10, 2010a.

MOKHA, J. S. et al. Utility of waist-to-height ratio in assessing the status of central obesity and related cardiometabolic risk profile among normal weight and overweight/obese children: The Bogalusa Heart Study. **BMC Pediatrics**, v. 10, 11 out. 2010b.

Obesity and overweight. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>>. Acesso em: 6 maio. 2021.

PAZIN, D. C. et al. Waist circumference is associated with blood pressure in children with normal body mass index: A cross-sectional analysis of 3,417 school children. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 109, n. 6, p. 509–515, 1 dez. 2017a.

PAZIN, D. C. et al. Waist circumference is associated with blood pressure in children with normal body mass index: A cross-sectional analysis of 3,417 school children. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 109, n. 6, p. 509–515, 1 dez. 2017b.

PAZIN, D. C. et al. Association between abdominal waist circumference and blood pressure in Brazilian adolescents with normal body mass index: Waist circumference and blood pressure in Adolescents. **Global Heart**, v. 15, n. 1, 3 abr. 2020.

PAZIN, D. C. et al. Association between anthropometric measures and insulin resistance in Brazilian adolescents: Data from the national study of cardiovascular risk factors in adolescents-ERICA. **Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism**, v. 34, n. 8, p. 1001–1008, 1 ago. 2021.

PISCHON, T. et al. General and Abdominal Adiposity and Risk of Death in Europe. **New England Journal of Medicine**, v. 359, n. 20, p. 2105–2120, 13 nov. 2008.

QORBANI, M. et al. Association of anthropometric measures with cardiovascular risk factors and metabolic syndrome in normal-weight children and adolescents: The CASPIAN III study. **Obesity Facts**, v. 6, n. 5, p. 483–492, 2013.

RECKZIEGEL, M. B. et al. The triglyceride-glucose index as an indicator of insulin resistance and cardiometabolic risk in Brazilian adolescents. **Archives of Endocrinology and Metabolism**, 18 jan. 2023.

REIS, J. P. et al. Comparison of overall obesity and body fat distribution in predicting risk of mortality. **Obesity**, v. 17, n. 6, p. 1232–1239, jun. 2009.

RIDDERSTRÅLE, M. et al. Obesity and cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: Results from the Swedish National Diabetes Register. **Journal of Internal Medicine**, v. 259, n. 3, p. 314–322, mar. 2006.

ROBERTO NUNES GUEDES SECRETÁRIO ESPECIAL DE FAZENDA
WALDERY RODRIGUES JUNIOR, P. et al. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE**. [s.l: s.n.].

RODEA-MONTERO, E. R.; EVIA-VISCARRA, M. L.; APOLINAR-JIMÉNEZ, E. Waist-to-height ratio is a better anthropometric index than waist circumference and

BMI in predicting metabolic syndrome among obese mexican adolescents. **International Journal of Endocrinology**, v. 2014, 9 dez. 2014.

ROGLIC, G.; WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global report on diabetes**. [s.l: s.n.].

ROMUALDO, M. C. D. S.; DE NÓBREGA, F. J.; ESCRIVÃO, M. A. M. S. Insulin resistance in obese children and adolescents. **Jornal de Pediatria**, v. 90, n. 6, p. 600–607, 1 nov. 2014.

ROSS, R. et al. Waist circumference as a vital sign in clinical practice: a Consensus Statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 16, n. 3, p. 177–189, 1 mar. 2020.

SBARAINI, M. et al. Severity of obesity is associated with worse cardiometabolic risk profile in adolescents: Findings from a Brazilian national study (ERICA). **Nutrition**, v. 75–76, 2020a.

SHAH, A. S. et al. **ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2022: Type 2 diabetes in children and adolescents**. **Pediatric Diabetes** John Wiley and Sons Inc, , 1 nov. 2022.

SHIRASAWA, T. et al. Associations between normal weight central obesity and cardiovascular disease risk factors in Japanese middle-aged adults: A cross-sectional study. **Journal of Health, Population and Nutrition**, v. 38, n. 1, 18 dez. 2019.

SIMPSON, J. A. et al. A comparison of adiposity measures as predictors of all-cause mortality: The Melbourne Collaborative Cohort Study. **Obesity**, v. 15, n. 4, p. 994–1003, abr. 2007.

STAMLER, J. et al. Diabetes, other risk factors, and 12-yr cardiovascular mortality for men screened in the Multiple Risk Factor Intervention Trial. **Diabetes care**, v. 16, n. 2, p. 434–444, fev. 1993.

STUMVOLL, M.; GOLDSTEIN, B. J.; VAN HAEFTEN, T. W. **Type 2 diabetes: principles of pathogenesis and therapy** **thelancet.com**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.eatlas.idf.org>>.

TELO, G. H. et al. Prevalence of type 2 diabetes among adolescents in Brazil: Findings from Study of Cardiovascular Risk in Adolescents (ERICA). **Pediatric Diabetes**, v. 20, n. 4, p. 389–396, 2019.

TINAJERO, M. G.; MALIK, V. S. **An Update on the Epidemiology of Type 2 Diabetes: A Global Perspective**. **Endocrinology and Metabolism Clinics of North America** W.B. Saunders, , 1 set. 2021.

Um em cada quatro adultos do país estava obeso em 2019; Atenção Primária foi bem avaliada | Agência de Notícias | IBGE. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de->

noticias/noticias/29204-um-em-cada-quatro-adultos-do-pais-estava-obeso-em-2019>. Acesso em: 6 maio. 2021.

VINER, R.; WHITE, B.; CHRISTIE, D. Type 2 diabetes in adolescents: a severe phenotype posing major clinical challenges and public health burden. **The Lancet**, v. 389, n. 10085, p. 2252–2260, 3 jun. 2017.

WEBER, D. R. et al. Anthropometric measures of abdominal adiposity for the identification of cardiometabolic risk factors in adolescents. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v. 103, n. 3, 2014.

WEIR, G. C.; GAGLIA, J.; BONNER-WEIR, S. **Inadequate β -cell mass is essential for the pathogenesis of type 2 diabetes.** **The Lancet Diabetes and Endocrinology** Lancet Publishing Group, , 1 mar. 2020.

WHO reveals leading causes of death and disability worldwide: 2000-2019.

Disponível em: <<https://www.who.int/news/item/09-12-2020-who-reveals-leading-causes-of-death-and-disability-worldwide-2000-2019> />. Acesso em: 6 maio. 2021.

Tabelas e Figuras

Figure 1. Flowchart of the participants assessed. ERICA 2013-2014.

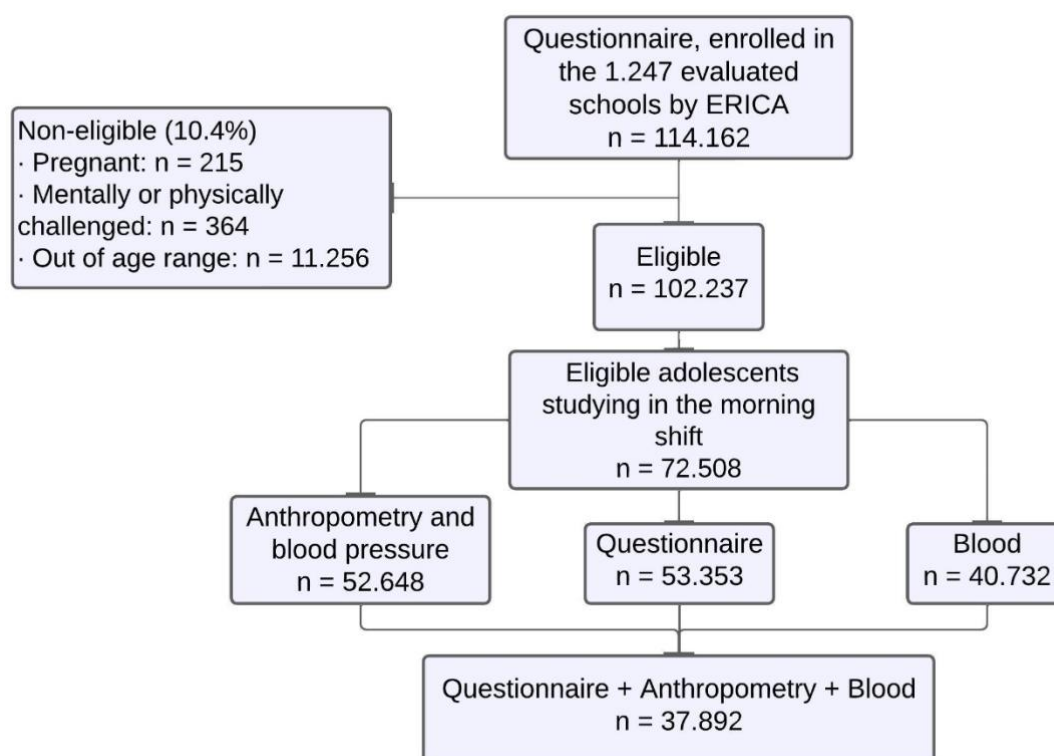


Table 1. Demographic and clinical characteristics of participants. ERICA 2013 - 2014.

Characteristics	Total sample (n = 37,892)	
	% or mean	(95% CI)
Sex assigned at birth		
Female	60.0	(59.5; 60.5)
Male	40.0	(39.5; 40.5)
Age (years)	14.6	(14.6; 14.7)
Region		
North	19.3	(18.9; 19.7)
Northeast	31.1	(30.6; 31.5)
Southeast	22.7	(22.3; 23.1)
South	12.5	(12.1; 12.8)
Midwest	14.5	(14.1; 14.9)
Skin color		
White	40.5	(38.6; 42.4)
Black	7.8	(7.0; 8.7)
Mixed (brown)	49.1	(47.3; 50.9)
Yellow	2.6	(2.2; 3.0)
Type of school		
Public	77.8	(72.5; 82.3)
Private	22.2	(17.7; 27.5)
SES (quintile)		
1 ^o	22.9	(21.4; 24.6)
2 ^o	19.9	(18.5; 21.4)
3 ^o	20.5	(19.4; 21.6)
4 ^o	18.5	(17.4; 19.8)
5 ^o	18.1	(16.3; 20.1)
Smoking		
Yes	2.0	(1.7; 2.3)
No	98.0	(97.7; 98.3)
Alcohol consumption		
No	70.2	(68.6; 71.8)
Yes	29.8	(28.2; 31.4)
Physical activity (min/wk)		
< 420	62.7	(61.6; 63.7)
≥ 420	37.3	(36.3; 38.4)
Weight (kg)	57.6	(57.2; 58.1)
Height (cm)	163.5	(163.3; 163.7)
BMI (kg/m ²)	21.4	(21.3; 21.5)
BMI categories		
Normal weight	73.3	(71.8; 74.7)
Overweight	17.5	(16.4; 18.7)
Obesity	9.2	(8.4; 10.0)
WC (cm)	72.2	(71.8; 72.6)
WC categories		
Normal	87.4	(86.3; 88.4)
Increased	12.6	(11.6; 13.7)

Fasting glucose (mg/dl)	86.4	(85.9; 86.8)
HbA1c (%)	5.3	(5.3; 5.40)
HOMA-IR (mean)	2.0	(1.9; 2.11)
High HOMA-IR	25.0	(23.4; 26.6)
Previous diagnosis of T2DM	3.0	(2.7; 3.4)
Prevalence of prediabetes and T2DM		
Healthy	74.8	(73.2; 76.2)
Prediabetes	22.0	(20.6; 23.4)
T2DM	3.3	(2.9; 3.7)

SES, socioeconomic status; BMI, body mass index; WC, waist circumference; HbA1c, glycated hemoglobin; HOMA-IR, homeostasis model assessment for insulin resistance; T2DM, type 2 diabetes mellitus.

Table 2. Prevalence of prediabetes, T2DM, and high HOMA-IR according to BMI-WC categories. ERICA 2013-2014.

BMI/WC Categories	Total, n (%)	Prevalence, % (95% CI)									
		Healthy		Prediabetes		T2DM		Normal HOMA-IR		High HOMA-IR	
Total	37,794 (100)	74.8	(73.2; 76.2)	22.0	(20.6; 23.4)	3.3	(2.9; 3.7)	75.0	(74.7; 76.0)	25.0	(23.4; 26.6)
Normal BMI & normal WC	27,843 (72.6)	75.8	(74.3; 77.2)	21.3	(20.0; 22.6)	3.0	(2.6; 3.4)	83.0	(81.6; 84.3)	17.0	(15.7; 18.4)
Normal BMI & increased WC	225 (0.7)	80.1	(64.9; 89.8)	18.2	(9.1; 32.9)	1.7	(0.7; 4.4)	64.5	(41.0; 82.7)	35.5	(17.3; 59.0)
BMI overweight & normal WC	5,025 (13.3)	75.0	(71.7; 78.0)	21.1	(18.2; 24.4)	3.9	(2.6; 5.8)	68.5	(65.2; 71.5)	31.5	(28.5; 34.8)
BMI overweight & increased WC	1,611 (4.3)	76.6	(72.0; 80.6)	19.1	(15.7; 23.1)	4.3	(2.5; 7.3)	46.9	(40.8; 53.1)	53.1	(46.9; 59.2)
BMI obesity & normal WC	530 (1.5)	61.2	(50.9; 70.5)	33.7	(25.1; 43.5)	5.1	(2.8; 9.3)	62.6	(52.8; 71.4)	37.4	(28.6; 47.2)
BMI obesity & increased WC	2,560 (7.7)	65.9	(61.3; 70.1)	29.9	(25.9; 34.3)	4.2	(3.2; 5.4)	30.1	(25.9; 34.6)	69.9	(65.4; 74.1)

BMI, body mass index; WC, waist circumference; HOMA-IR, homeostasis model assessment for insulin resistance; T2DM, type 2 diabetes mellitus.

Table 3. Association of BMI-WC categories with prediabetes and T2DM. ERICA 2013-2014.

	POR (95% CI)		p-value
Crude Association			
Normal BMI & normal WC	Reference		<0.001
Normal BMI & increased WC	0.77	(0.35; 1.69)	
BMI overweight & normal WC	1.05	(0.89; 1.24)	
BMI overweight & increased WC	0.97	(0.76; 1.25)	
BMI obesity & normal WC	1.96	(1.31; 2.95)	
BMI obesity & increased WC	1.61	(1.37; 1.88)	
Adjusted model*			
Normal BMI with normal WC	Reference		<0.001
Normal BMI with increased WC	0.97	(0.37; 2.56)	
BMI overweight with normal WC	0.98	(0.83; 1.16)	
BMI overweight with increased WC	1.22	(0.94; 1.58)	
BMI obesity with normal WC	1.58	(1.01; 2.46)	
BMI obesity with increased WC	1.68	(1.45; 1.94)	

BMI, body mass index; WC, waist circumference; T2DM, type 2 diabetes mellitus; POR, proportional odds ratio.

Ordinal logistic regression was used to test the associations.

* Adjusted by region, sex, age, skin color, school type, and socioeconomic status.

Table 4. Association of BMI-WC categories with HOMA-IR as a continuous variable. ERICA 2013-2014.

	β Coefficient (95% CI)		p-value
Crude association			
Normal BMI & normal WC	Reference		<0.001
Normal BMI & increased WC	0.39	(-0.19; 0.99)	
BMI overweight & normal WC	0.57	(0.49; 0.65)	
BMI overweight & increased WC	1.00	(0.85; 1.15)	
BMI obesity & normal WC	0.98	(0.73; 1.23)	
BMI obesity & increased WC	2.19	(1.90; 2.48)	
Adjusted Model*			
Normal BMI & normal WC	Reference		<0.001
Normal BMI & increased WC	0.40	(-0.06; 0.87)	
BMI overweight & normal WC	0.58	(0.50; 0.66)	
BMI overweight & increased WC	0.94	(0.80; 1.08)	
BMI obesity & normal WC	0.96	(0.71; 1.21)	
BMI obesity & increased WC	2.20	(1.89; 2.50)	
BMI, body mass index; WC, waist circumference; HOMA-IR, homeostasis model assessment for insulin resistance. Linear regression was used to test the associations. * Adjusted by region, sex, age, skin color, school type, and socioeconomic status.			

Conclusões e Considerações finais

Este estudo mostra que em uma amostra representativa de adolescentes brasileiros, a CA não teve relação com a chance de um participante ter pré-DM ou DM2, mas, principalmente na faixa da obesidade, garantiu maior precisão na avaliação desta condição como fator de risco. No que diz respeito à resistência insulínica, nossos resultados demonstram que a CA aumentada guarda relação com HOMA-IR quando presente IMC sobrepeso ou obesidade. Apesar dos achados suportarem o papel fisiopatológico da distribuição de gordura corporal intra-abdominal na determinação de desfechos relacionados a maior risco cardiovascular, os resultados demonstram que ter apenas aumento de CA, sem esta alteração estar combinada com IMC elevado não aumenta a chance de um indivíduo na faixa etária entre 12 e 17 anos ter pré-DM ou DM2.

Sendo assim, o aumento da CA sem estar combinado com obesidade diagnosticada por IMC elevado não guarda relação com a chance de um adolescente apresentar resistência insulínica ou DM2. Entretanto, ao ser usada junto com o IMC, principalmente na faixa do sobrepeso e obesidade, o aumento de CA garantiu maior precisão nas associações encontradas. À vista disso, a combinação de IMC e CA é melhor para avaliar adolescentes com maior risco de desenvolver doenças crônicas como o DM2 e deve ser usada em conjunto na prática clínica.