

**DAIANE CRISTINA PAZIN**

**ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS E SUA RELAÇÃO COM PRESSÃO ARTERIAL E  
RESISTÊNCIA INSULÍNICA EM ADOLESCENTES BRASILEIROS**

Doutorado em Ciências da Saúde PUCPR

**CURITIBA**

**2020**

**DAIANE CRISTINA PAZIN**

**ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS E SUA RELAÇÃO COM PRESSÃO ARTERIAL E  
RESISTÊNCIA INSULÍNICA EM ADOLESCENTES BRASILEIROS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor.

Orientador: Profº Dr. José Rocha Faria Neto

**CURITIBA**

**2020**

Dados da Catalogação na Publicação  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR  
Biblioteca Central  
Edilene de Oliveira dos Santos – CRB 9/ 1636

P348i  
2020 Pazin, Daiane Cristina  
Índices antropométricos e sua relação com a pressão arterial e resistência  
insulínicas em adolescentes brasileiros / Daiane Cristina Pazin ; orientador, José  
Rocha Faria Neto. -- 2020  
84 f. : il. ; 30 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2020  
Inclui bibliografias

1. Ciências médicas. 2. Índice de massa corporal. 3. Circunferência da cintura. 4.  
Pressão arterial. 5. Saúde pública. 6. Adolescentes – Doenças. I. Faria Neto, José  
Rocha. II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná.  
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. III. Título.

CDD 20. ed. – 610



Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Escola de Medicina  
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde

**ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE EXAME DE TESE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE EM NÍVEL DE DOUTORADO DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ.**

Aos **30 dias do mês de outubro de 2020 às 08:30**, realizou-se a sessão aberta de Defesa de Tese “**ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS E SUA RELAÇÃO COM PRESSÃO ARTERIAL E RESISTÊNCIA INSULÍNICA EM ADOLESCENTES BRASILEIROS**” apresentado por **Daiane Cristina Pazin** para obtenção do título de Doutor; Área de concentração: Medicina e áreas afins.

A banca examinadora foi composta pelos seguintes membros:

MEMBROS DA BANCA	ASSINATURA
<b>Prof. Dr. José Rocha Faria Neto - Presidente</b>	
<b>Prof. Dr. Adriano Akira Ferreira Hino (PUCPR)</b>	
<b>Prof. Dr. Alexei Volaco (PUCPR)</b>	
<b>Profa. Dra. Isabela de Carlos Back Giuliano (UFSC)</b>	
<b>Prof. Dr. Emilton Lima Junior (UFPR)</b>	

De acordo com as normas regimentais a Banca Examinadora deliberou sobre os conceitos a serem distribuídos e que foram os seguintes:

<b>Prof. Dr. José Rocha Faria Neto</b>	Conceito: APROVADA
<b>Prof. Dr. Adriano Akira Ferreira Hino</b>	Conceito: APROVADA
<b>Prof. Dr. Alexei Volaco</b>	Conceito: APROVADA
<b>Profa. Dra. Isabela de C. Back Giuliano</b>	Conceito: APROVADA
<b>Prof. Dr. Emilton Lima Junior</b>	Conceito: APROVADA

Parecer Final: APROVADA

Observações da Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Rocha Faria Neto  
Presidente da Banca Examinadora

Profa. Dra. Cristina Pellegrino Baena  
Coordenadora do PPGCS-PUCPR

Em memória de Edite

“Por seres tão inventivo  
E pareceres contínuo  
Tempo Tempo Tempo Tempo  
És um dos deuses mais lindos  
Tempo Tempo Tempo Tempo”

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Doutor José Rocha Faria Neto, por ter me acolhido como aluna, e ter me guiado pelo caminho da pesquisa e epidemiologia com paciência, humildade e respeito, deixando em minha vida a marca de uma grande pessoa e profissional.

À Professora Doutora Márcia Olandoski, por realizar um trabalho irretocável na análise estatística que compõe esse trabalho.

À Professora Kátia Vieira Bloch, por coordenar de maneira brilhante o Estudo de Riscos Cardiovasculares em Adolescentes, permitindo que este e outros trabalhos apresentem dados nacionais inéditos, além de pessoalmente ter contribuído na minha produção científica.

À minha colega Tatiana Kaestner, que me encoraja diariamente e divide seu crescimento comigo.

À minha família, meu esposo Elissandro, meus pais Antonio e Jussara, minha irmã Denise e meu cunhado Ricardo, e minhas sobrinhas lindas Stela e Carolina, por me apoiarem e aliviarem meus dias com seu amor e companheirismo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da PUC-PR por instrumentalizarem este trabalho.

Aos meus colegas professores do internato de Medicina de Família e Comunidade da PUC-PR, que me desafiam e estimulam profissionalmente.

Aos meus alunos, graduandos e residentes, que me encorajam e motivam a seguir na carreira acadêmica.

## RESUMO 1

A obesidade é a doença crônica mais comum em adolescentes. Nos adultos, o perímetro da cintura (PC) está associado à presença de fatores de risco cardiovascular e também é um melhor preditor de risco cardiovascular (CV) do que o índice de massa corporal (IMC). A associação entre o PC e fatores de risco CV em adolescentes tem sido pouco explorada até o momento, principalmente naqueles dentro da faixa normal de IMC.

**Objetivo:** Avaliar a associação entre PC e pressão arterial (PA) elevada em adolescentes com IMC normal.

**Métodos:** Análise transversal de 73.399 escolares de 12 a 17 anos do estudo ERICA, um estudo representativo nacional de base escolar com adolescentes brasileiros. Apenas aqueles dentro da faixa normal de IMC foram incluídos. O PC foi categorizado em quartis por sexo e idade (Q1 a Q4). Para a análise, considerou-se que valores de PA  $\geq$  percentil 90 indicavam PA elevada, o que inclui hipertensão e pré-hipertensão. Utilizou-se o modelo de regressão de Poisson e a razão de prevalência foi estimada.

**Resultados:** Foram incluídos 53.308 adolescentes com IMC normal. A prevalência de pressão arterial elevada no grupo geral foi de 18,0%. Em adolescentes do sexo feminino com PC no quartil mais baixo para a idade, a prevalência de PA elevada foi de 7,3% (12-14 anos) e 6,9% (15-17 anos), aumentando no quartil superior para 15,2% e 19,5%, respectivamente, com uma razão de prevalência indicando chance pelo menos duas vezes maior para PA elevada no Q4 ( $p < 0,001$ ). Da mesma forma, isso foi observado em meninos, com prevalência de PA elevada de 10,0% e 18,9% no Q1, aumentando para 21,4% e 49,6% no Q4 ( $p < 0,001$ ).

**Conclusão:** Em adolescentes, existe uma forte associação de aumento do PC com elevação da PA, mesmo quando o IMC é adequado.

**Palavras-chave:** índice de massa corporal; perímetro da cintura; pressão arterial; estudos transversais; saúde pública; adolescente.

## ABSTRACT 1

Obesity is the most common chronic disease in adolescents. In adults, waist circumference (WC) is associated with the presence of cardiovascular risk factors and is also a better predictor of cardiovascular (CV) risk than body mass index (BMI). The association between WC and CV risk factors in adolescents has been poorly explored so far, mainly in those within the normal BMI range.

**Objective:** To evaluate the association between WC and elevated blood pressure (BP) in adolescents with a normal BMI.

**Methods:** Cross-sectional analysis of 73,399 scholars between 12 and 17 years old from the ERICA study, a school-based, national representative study with Brazilian adolescents. Only those within the normal range of BMI were included. The WC was categorized into quartiles for sex and age (Q1 to Q4). For the analysis, BP values  $\geq$  90th percentile were considered to indicate elevated BP, what includes hypertension and pre-hypertension. The Poisson Regression model was used and the prevalence ratio was estimated.

**Results:** A total of 53,308 adolescents with normal BMI were included. Prevalence of elevated BP in the overall group was 18.0%. In female adolescents with WC in the lowest quartile for their age, the prevalence of elevated BP was 7.3% (12–14 years) and 6.9% (15–17 years), increasing in the upper quartile to 15.2% and 19.5% respectively, with a prevalence ratio (PR) indicating chance at least two times higher for elevated BP in Q4 ( $p < 0.001$ ). Similarly, this was observed in boys, with a prevalence of elevated BP of 10.0% and 18.9% in Q1, increasing to 21.4% and 49.6% in Q4 ( $p < 0.001$ ).

**Conclusion:** In adolescents, there is a strong association of increased WC with BP elevation, even when the BMI is adequate.

**Keywords:** body mass index; waist circumference; blood pressure; cross-sectional studies; public health; adolescent

## RESUMO 2

As doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) são responsáveis por alta mortalidade em adultos jovens e de meia-idade, com fatores de risco associados presentes desde a infância e adolescência. A prevalência de resistência insulínica (RI) e diabetes melito tipo 2 (DMT2) em crianças e adolescentes aumentou paralelamente às taxas de obesidade. Indicadores antropométricos (IA) são recomendados para avaliação da obesidade e riscos associados, porém não há consenso sobre qual deles guarda melhor correlação com o risco de RI nessa população.

**Objetivo:** Avaliar a associação entre os IA e a RI em adolescentes de 12 a 17 anos.

**Métodos:** Análise transversal de escolares do estudo ERICA, um estudo representativo nacional de base escolar com adolescentes brasileiros. Foram estimadas as médias e intervalos de confiança de 95% (IC95%) dos IA (índice de massa corporal – IMC; perímetro da cintura – PC; relação cintura-estatura – RCE; índice de conicidade – IC e perímetro do braço - PB), e estes foram categorizados por quartis. A prevalência de RI foi estimada para cada IA de acordo com os quartis de sua distribuição, e as associações entre IA e HOMA-IR foram analisadas por meio de modelos de Poisson.

**Resultados:** Foram incluídos 37.892 adolescentes, que tiveram as dosagens bioquímicas obtidas. A prevalência de RI teve tendência de aumento com o incremento dos quartis para cada IA analisado. As razões de prevalência (RP) de RI por faixa de índice de massa corporal (IMC) apresentaram incremento no sobrepeso e na obesidade. Quando ajustado, o impacto é maior para o PC e para a RCE.

**Conclusão:** Em adolescentes, os principais IA estão associados à RI, sendo que essas associações foram observadas na presença de IMC alterado, mas também de forma independente, especialmente para aqueles relacionados a obesidade central.

**Palavras-chave:** índice de massa corporal; perímetro da cintura; indicadores antropométricos; resistência insulínica; estudos transversais; saúde pública; adolescente.

## ABSTRACT 2

Cardiovascular risk factors are increasingly seen during childhood and adolescence, and chronic non-communicable diseases (NCD) are responsible for high morbidity and mortality even in young and middle-aged adults. The prevalence of insulin resistance (IR) and type 2 diabetes mellitus (T2DM) in children and adolescents has increased alongside obesity rates. Anthropometric measures (AM) are recommended for the assessment of obesity and associated risks; however, there is no consensus on which one has the strongest correlation with IR in this population.

**Objective:** to evaluate the association between AM and IR in adolescents aged 12–17 years.

**Methods:** This analysis is from the ERICA study, a school-based, national, cross-sectional study. AM (body mass index – BMI; waist circumference – WC; waist-height ratio – WHtR; conicity index – CI; arm perimeter – AP) were categorized by quartiles, and their means and 95% confidence intervals (95% CI) were estimated. Prevalence of IR was estimated for each AM according to the quartiles, and the associations between AM and homeostatic model assessment of insulin resistance (HOMA-IR) levels were analyzed using Poisson models.

**Results:** A total of 37,892 adolescents were included. IR prevalence tended to increase as quartiles increased for each AM. The prevalence ratios of IR by body mass index range showed a higher prevalence in overweight and obese, and when adjusted, the impact was greater on WC and WHtR. The main AM were independently associated with IR, and these associations were observed in the presence of adjusted BMI.

**Conclusion:** AM have a positive correlation with the prevalence of IR, and the central obesity-related-AM are independently positively correlated with this prevalence.

**KEYWORDS:** Body Mass Index, Anthropometric measures, Insulin Resistance, Cross-Sectional Studies, Public Health, Adolescent.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### ARTIGO 1

Tabela 1 – Médias de IMC, CC e prevalência de pressão arterial elevada e intervalo de confiança de 95% em adolescentes com IMC adequado.....	47
Tabela 2 – Prevalência de pressão arterial elevada segundo quartil da CC por sexo e faixa etária.....	48

### ARTIGO 2

Tabela 1 – Características da amostra dos adolescentes do ERICA.....	60
Tabela 2 – Média dos IA e dos parâmetros bioquímicos por sexo e grupo etário e intervalos de confiança de 95% (IC 95%).....	61
Figura 1 - Prevalência de RI ( $HOMA-IR \geq 2,32$ para meninas e $\geq 2,87$ para meninos) por IA e Sexo.....	62
Tabela 3 – Razões de prevalência de RI por estado nutricional ajustado por idade e por cada IA.....	63
Tabela 4 – Razões de prevalências de RI por combinação de presença ou ausência de excesso de peso, e do percentil 90 dos IA segundo sexo.....	64

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ADP** - Plestimografia por Deslocamento de Ar
- ASC** - Área de superfície corporal
- CC** – Circunferência da Cintura
- CEP** - Comitê de Ética em Pesquisa
- CM** – Cardiometabólicos
- CVT** - Circunferência vertical do tronco
- DCNT** - Doenças Crônicas Não Transmissíveis
- DCV** – Doença Cardiovascular
- DEXA** - Densitometria por Dupla Emissão de Raios-x
- DM** – Diabetes Melito
- DMT2** - Diabetes Melito Tipo 2
- ERICA** – Estudo de Riscos Cardiovasculares em Adolescentes
- HA** – Hipertensão Arterial
- HAS** – Hipertensão Arterial Sistêmica
- HOMA-IR** - *Homeostatic Model Assessment*
- IA** – Indicadores Antropométricos
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IC** – Índice de Conicidade
- IFC** - Índice de Forma Corporal
- IGF-1** - Fator de Crescimento Insulina-*like* 1
- IMC** – Índice de Massa Corporal
- IVA** - Índice de Volume Abdominal
- OMS** - Organização Mundial da Saúde
- PA** – Pressão Arterial
- PAD** – Pressão Arterial Diastólica
- PAS** - Pressão Arterial Sistólica
- PC** – Perímetro da Cintura
- RCE** - Relação Cintura-Estatura
- RCQ** - Relação Cintura-Quadril
- RI** - Resistência Insulínica
- SMet** – Síndrome Metabólica

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	14
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1 A TRANSIÇÃO EPIDEMIOLÓGICA.....	15
2.2 A EPIDEMIA DA OBESIDADE.....	16
2.3 A ADOLESCÊNCIA.....	19
2.4 AS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.....	20
2.5 HIPERTENSÃO EM CRIANÇAS.....	31
2.6 RESISTÊNCIA INSULÍNICA.....	34
2.7 RELAÇÃO ENTRE INDICADORES ANTROPOMÉTRICOS E FATORES DE RISCO CARDIOVASCULAR EM ADOLESCENTES.....	35
<b>3 O ESTUDO ERICA.....</b>	<b>37</b>
3.1 OUTROS RESULTADOS APRESENTADOS PELO ERICA.....	40
<b>4 ARTIGOS.....</b>	<b>41</b>
4.1 ARTIGO 1.....	42
4.2 ARTIGO 2.....	55
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>72</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da prevalência de sobrepeso e obesidade em vários países do mundo tem sido descrito como uma pandemia, e alcança também crianças e adolescentes(1, 2). Esses jovens estão em risco aumentado para ter, da adolescência até a vida adulta, comorbidades como aterosclerose e hipertensão(3); esta considerada a principal causa evitável de morte prematura no mundo(4). Entretanto, indivíduos com excesso de peso diferem não somente na quantidade de gordura que armazenam, mas na distribuição regional desta gordura(5). Esse padrão de distribuição é maior preditor de doenças cardiovasculares (DCV), independentemente do grau de obesidade avaliado pelo índice de massa corporal (IMC)(6), sendo que as DCV são a principal causa de morte e de adoecimento em todo o mundo(2).

Diante de um problema de saúde pública, torna-se essencial encontrar uma ferramenta que auxilie na avaliação de risco dos adolescentes. Os dados descrevendo biomarcadores não-invasivos para uso na triagem de adolescentes e adultos jovens ainda são limitados(7). A relação cintura-estatura (RCE) já demonstrou-se superior em identificar risco cardiometabólico em adolescentes(8). Entretanto, em amostras maiores, o IMC e o perímetro de cintura (PC) voltaram a aparecer como indicadores superiores(9, 10). E, mais recentemente, a circunferência do pescoço e do pulso surgiram como medidas úteis em demonstrar distribuição central de gordura, porém de maneira alternativa, pois o potencial preditivo ainda é indeterminado(11, 12). Assim, a CC, amplamente estudada na população mais jovem, continua sendo considerada um dos mais fortes preditores de adiposidade visceral e hipertensão arterial sistêmica (HAS) em adolescentes, até superior aos demais(10, 13), além de indicar alterações no perfil lipídico, tolerância a glicose e síndrome metabólica(14).

Em nossos estudos, conduzidos com amostras representativas de adolescentes em território nacional, proveniente do Estudos de Riscos Cardiovasculares em Adolescentes – ERICA, demonstramos 1) que a medida de cintura aumentada está relacionada a maior prevalência de PA elevada, em ambos os sexos, e para cada faixa etária, mesmo quando o IMC é normal(15), resultado semelhante a publicação anterior da autora, com menor amostra(16). E, 2) há relação dos principais indicadores antropométricos (IA) com a presença de resistência insulínica, sendo que para os IA relacionados com obesidade central, especialmente CC e RCE, essa associação ocorreu de forma independente. Dessa forma, reafirmamos que as avaliações de obesidade e análises de risco em adolescentes não devem ser baseadas apenas na avaliação do IMC.

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

- ARTIGO 1: Analisar a associação entre a medida de cintura e elevação da pressão arterial em adolescentes de 12 a 17 anos com IMC normal.
- ARTIGO 2: Analisar a associação de índices antropométricos com a presença de resistência insulínica em adolescentes brasileiros.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A transição epidemiológica**

O conceito de saúde, amplamente discutido ao longo da história, reflete a conjuntura social, econômica, política e cultural. Saúde não representa o mesmo para todas as pessoas(17). Tal definição foi se transformando ao longo do tempo, influenciada por guerras, religião, desenvolvimento industrial, comercial e tecnológico, migrações, mudanças climáticas, entre outros fatores. Nesse contexto, os sistemas de saúde surgem como respostas sociais deliberadas às necessidades de saúde de cada população(18).

Mudanças no padrão de mortalidade e aumento na expectativa de vida, com subsequente impacto nas populações, vem sendo documentados em países industrializados desde o século XIX; sendo que os estudos iniciais traziam uma perspectiva mais demográfica (fertilidade e mortalidade) em detrimento da epidemiológica(19). Posteriormente, surgiu a teoria da transição epidemiológica, na qual considerou-se mais detalhadamente algumas doenças e causas de morte, e apontou-se a inversão no padrão de mortalidade, antes principalmente causado pelas doenças infecciosas agudas, agora relacionado principalmente a doenças crônicas e doenças provocadas pelo homem(20).

Inicialmente, a preocupação das organizações residia no controle e na prevenção da transmissão de doenças entre os países(21). Dessa forma, a Organização Mundial da Saúde (OMS) surgiu no período pós Guerra, em 1945, com a tarefa inicial de rever consensos internacionais e uniformizar classificação de doenças e seu potencial epidêmico(21). Assim, dentre as ações iniciais da OMS estiveram programas que tinham como alvo duas doenças transmissíveis de grande prevalência: malária e varíola, esta última oficialmente declarada como erradicada em 1977(17). Na Conferência Internacional de Assistência Primária à Saúde realizada na cidade Alma-Ata, em 1978 e promovida pela OMS, ampliou-se consideravelmente os objetivos em saúde, como resultado de uma crescente demanda por maior desenvolvimento e progresso social(17), e também acompanhando as mudanças demográficas e epidemiológicas das populações.

Uma análise da mortalidade no Brasil indica que, em 1930, as doenças infecciosas respondiam por 46% das mortes, o que diminuiu para um valor próximo a 5% em 2000. Por outro lado, a mortalidade DCV que era de cerca de 12% em 1930, no

ano 2000 chegou a 30%(18). As doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) são responsáveis por 2/3 das 57 milhões de mortes que ocorrem anualmente no mundo(22), sendo que em 2015 no Brasil foram responsáveis por mais de 70% dos óbitos(23). Segundo a OMS 1 em cada 3, cerca de 15 milhões, dessas mortes são consideradas prematuras, por ocorrerem entre 30 e 69 anos (adultos jovens e de meia idade), lideradas pelas DCV, e sobretudo em países de baixa renda, merecendo prioridade nas ações de políticas públicas de saúde(24). Atualmente, nesses países, há o triplo enfrentamento, por um lado a urbanização e industrialização que contribuem com o aumento da obesidade e outras doenças; por outro o compromisso inacabado de combate as doenças infecciosas agudas, ambas associadas com o fenômeno DCNT(22); e ainda, o problema persistente da desnutrição, que aparece dentre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da OMS (Metas do Milênio), com a meta de erradicação da fome até 2030(25).

Em 2017, 51 milhões de crianças abaixo dos 5 anos de idade estavam abaixo do peso; enquanto 38 milhões estavam com excesso de peso, essa coexistência caracteriza um segundo desafio, a dupla carga de má nutrição(26). Crianças, adultos e idosos são vulneráveis aos fatores de risco que contribuem para as DCNT, que são impulsionadas por forças que incluem: a rápida urbanização não planejada, a globalização de estilos de vida pouco saudáveis e o envelhecimento da população(5). Estima-se que uma boa parte da população adulta, particularmente homens, está em risco para desenvolver eventos cardiovasculares na próxima década(27).

## **2.2 A epidemia da obesidade**

O aumento da prevalência de sobrepeso e obesidade em vários países tem sido descrito como uma pandemia global, atingindo regiões desenvolvidas e em desenvolvimento(28). E preocupa porque está relacionado a grandes consequências à saúde(29). Em todo o mundo a prevalência combinada de sobrepeso e obesidade aumentou em 27,5% nos adultos e 47,1% nas crianças em pouco mais de 30 anos, alcançando um número de mais de 2 bilhões de pessoas em 2013(28). No Brasil, a prevalência de sobrepeso e obesidade em adolescentes é de aproximadamente 17% e 8,4% respectivamente(30). Diferentemente de outras grandes causas de incapacitação e morte prevenível, como tabagismo, acidentes e doenças infecciosas; não há exemplar de população em que a epidemia da obesidade tenha sido revertida por medidas de políticas públicas de saúde(31). Adicionalmente, em adolescentes, uma

metanálise sobre intervenções de estilo de vida destacou a dificuldade em se atingir perda de peso neste grupo etário(32).

A obesidade é caracterizada por um aumento do tecido adiposo, que ocorre para armazenar o excesso de consumo de energia. O tecido adiposo aumenta, basicamente, por dois mecanismos: a hiperplasia, que se caracteriza pelo aumento do número de células; e a hipertrofia, que se caracteriza pelo aumento do tamanho das células. Fatores genéticos e dietéticos contribuem relativamente nesses processos, mas não está claro, de que forma, pela falta de estudos longitudinais(33). O tecido adiposo é primariamente responsável pela homeostase lipídica do organismo, e é um importante órgão endócrino que produz adipocinas. A obesidade leva a alteração do perfil destas adipocinas, o que gera inflamação(34), e suas consequências. Em geral, diz-se que a obesidade reflete um desequilíbrio energético, para o qual o tratamento dietético, com redução do consumo de gordura e da quantidade e qualidade de carboidratos tem impacto(35); além do componente chave modificável: a atividade física. Está claro que o avanço tecnológico reduziu o gasto de energia, modificando as formas de produção, de transporte, de trabalhos em casa, e de lazer(36), contribuindo para a situação atual de epidemia no mundo.

Algumas décadas atrás, seria considerado uma heresia falar sobre a possibilidade iminente de uma pandemia de obesidade pelo mundo(36). O aumento simultâneo da obesidade em quase todos os países parece estar principalmente relacionado a mudanças no sistema de alimentação global, que produz de uma forma cada vez mais eficiente alimentos processados, de baixo custo e comercializáveis. Embora fatores hereditários estejam relacionados a presença de obesidade, está claro que esses fatores do sistema alimentar interagem com os fatores ambientais locais, para criar uma ampla variação de prevalência de obesidade nas populações(31). Em crianças e adolescentes, esta condição está ligada a fatores familiares e ambientais, incluindo os maus hábitos alimentares(35). Essas mudanças dramáticas na forma como todos comem, bebem e se movimentam entraram em conflito com a nossa biologia para criar grandes mudanças na composição corporal(36). Além disso, fatores sócio-econômicos tem notável efeito na questão do peso em adolescentes, já que está demonstrada maior prevalência de obesidade em populações com piores condições econômicas e maior relação de nível educacional dos pais com a frequência do peso adequado(37).

A obesidade representa a doença crônica mais comum nesta faixa etária, e tem sido considerada o maior desafio da saúde pública para o século 21(38). Os

maiores problemas dessa epidemia, além de altos gastos com os serviços de saúde e grandes perdas para a sociedade, serão vistos nas futuras gerações de adultos(39). A esse crescimento relaciona-se uma futura queda na expectativa de vida(40), já que a obesidade na adolescência é um importante fator de risco para obesidade e morbimortalidade relacionada no adulto, com 50% a 80% dos adolescentes obesos tornando-se adultos obesos(41). Acrescenta-se a isso, o fato de que crianças obesas apresentam risco aumentado para diversas doenças, que seguirão para sua adolescência e vida adulta(29). Apesar disso, aponta-se que as consequências a curto e a longo prazo do excesso de peso em crianças e adolescentes, ainda não está claro(42). Enquanto aparece como bem estabelecido que a obesidade aumenta o risco de doenças cardiovasculares como: diabetes, dislipidemia, desordens musculoesqueléticas(37), e até mesmo câncer, em adultos, levando a uma qualidade de vida ruim(29).

De diversos fatores de risco cardiovasculares avaliados em crianças e adolescentes, o excesso de peso esteve associado a maior chance de elevação de colesterol e pressão arterial diastólica (PAD), além de risco para aumento de triglicerídeos e para aumento de glicemia de jejum(39, 43). Considerando a associação entre obesidade e DCV, o *Bogalusa Heart Study*, que engloba estudos longitudinais com crianças e adolescentes entre 7 e 17 anos, cuja finalidade foi avaliar fatores de risco cardiovasculares nas primeiras décadas de vida, demonstrou que o excesso de peso apresentou razão de 2,4 vezes para maior chance de elevação de colesterol e pressão arterial diastólica; 4,5 vezes para aumento de pressão arterial sistólica, além de risco para aumento de triglicerídeos e para aumento de glicemia de jejum. Houve pelo menos um fator de risco (dislipidemia, hiperinsulinemia e hipertensão arterial) em 58% da população com índice de massa corporal em percentil  $\geq 85$ (43, 44). Apesar disso, nem toda a criança obesa tem riscos metabólicos(8), como apontam estudos que analisam a chamada obesidade metabolicamente saudável, que se apresenta menores índices de obesidade abdominal e de resistência insulínica(45).

### 2.3 A adolescência

Cerca de 1/4 da população mundial é de adolescentes, e 90% deles vive em países de renda baixa a média(46). Muitos sofrem com dificuldades socioeconômicas da família, incluindo baixa escolaridade dos pais, baixo status social, separação na família, além de morte e pobreza, todos considerados fatores de risco conhecidos para a saúde mental, comportamentos de risco e dificuldades dos escolares(23). O crescimento desta população coincide com a redução das doenças infecciosas, desnutrição e mortalidade na primeira infância; modificando o foco para saúde sexual e reprodutiva, abuso de substâncias, saúde mental, lesões/violência, obesidade e doenças crônicas, que se tornaram proeminentes na adolescência e necessitam de respostas diferentes nesta população(46).

A infância e a adolescência representam um período dinâmico de rápido crescimento e ganho de peso(42). As meninas passam por um significativo ganho de gordura corporal, enquanto os meninos vivenciam uma redução da massa gorda e aumento da velocidade de crescimento(47). A adolescência é um período biopsicossocial, entre a infância e a vida adulta, dos 10 aos 19 anos; ou mais recentemente definida dos 15 aos 24 anos(48), na qual ocorrem uma série de mudanças: psicológicas, hormonais e antropométricas(49); e engloba importantes transições de papéis sociais(48). Esse indivíduo passa boa parte do tempo na escola, que é um ambiente de grande influência na sua formação, cuja vivência é crucial para o desenvolvimento cognitivo, social e emocional. Portanto, constitui um local privilegiado para o monitoramento de fatores de risco e proteção dos escolares(23).

A puberdade é um marco neste período. Sua ocorrência atualmente mais precoce acelerou o início da adolescência, biologicamente, em quase todas as populações. Por outro lado, o atraso na transição de papéis, a demora na conclusão da educação, casamento, paternidade, continuam a mudar as percepções populares a respeito de quando se inicia a idade adulta. Ambas mudanças que contribuíram para o aumento dessa etapa de transição, levando esse período de transição a ocupar uma maior parte do curso de vida. Em especial, num momento em que forças sociais, incluindo o marketing e a mídia digital, estão afetando a saúde e o bem estar(48). Hábitos e conhecimentos adquiridos nesse período tem influência sobre muitos aspectos da vida adulta relacionados à alimentação, saúde, preferências e desenvolvimento psicossocial(49, 50). Evidências apontam para a associação entre a entrada precoce na puberdade e a adoção de comportamentos de risco para a saúde, além de aumento na exposição a fatores de risco com o avançar da idade(23).

A saúde na adolescência é o resultado das interações entre o desenvolvimento pré-natal e da primeira infância, e as mudanças biológicas e sociais específicas que acompanham a puberdade, moldadas por determinantes sociais, de risco e proteção, que afetam a adoção de comportamentos relacionados à saúde(46). Em todo o mundo, uma em cada 10 meninas entre 13-15 anos, e um em cada 5 meninos nessa mesma faixa etária consomem tabaco; o uso recente de álcool (pelo menos uma vez no último mês) chega a ser reportado por até 2/3 de meninos e meninas. O hábito de fumar é tipicamente estabelecido durante a adolescência, assim como de álcool e outras drogas. O tabagismo é a principal causa de morte evitável no mundo, impondo uma grande carga sobre as sociedades(23).

A maioria dos adolescentes não consome o mínimo de 5 porções de frutas e verduras recomendadas diariamente(51); e apenas, 25,0% dos jovens de 11 anos de idade e 16,0% dos de 15 anos de idade atendem às diretrizes atuais para a atividade física(23). No Brasil, adolescentes de melhor condição socioeconômica consomem mais bebidas açucaradas e lanches(52). A carga crescente de DCNT tem resultado num maior foco mundial no controle do tabaco e outros fatores de risco para doença no adulto, como obesidade(46), comportamento sedentário e inatividade física(53), e consumo de álcool(46).

## **2.4 As medidas antropométricas**

O século passado foi marcado pelo desenvolvimento de vários índices que pudessem medir o peso corporal. O interesse modificou-se após a 2ª guerra mundial, e voltou-se para análises da associação entre o peso corporal e morbidade(54). Devido a sua importância para a saúde pública, as mudanças no padrão de obesidade das crianças devem ser monitorizadas de perto. Essas tendências, no entanto, são difíceis de quantificar e comparar internacionalmente(55).

A obesidade é uma doença crônica definida por excesso de peso corporal, devido ao aumento na quantidade de tecido adiposo. É o excesso de gordura corporal que está relacionado com riscos de doença, e não propriamente o excesso de peso(56). O que é corroborado pela alta frequência de fatores de risco cardiovasculares entre crianças e adolescentes com peso normal(57). Em 1997, o painel de especialistas em obesidade da OMS reconheceu a importância da gordura abdominal (obesidade central ou visceral), que pode variar consideravelmente dentro da faixa de corporal total, ou de IMC(58). As técnicas com maior acurácia para estimar

a gordura corporal, que permitem a avaliação da composição corporal tecidual, envolvem métodos de imagem, que são procedimentos de alto custo e que exigem treinamento especializado, como: a densitometria por dupla emissão de raios-x (DEXA), a plestimografia por deslocamento de ar (ADP), a tomografia computadorizada e a ressonância magnética(59). De outra forma, a quantificação da adiposidade é possível com o uso de diferentes indicadores antropométricos, juntamente com a impedância bioelétrica(60). Em crianças e adolescentes, estudos comparativos entre métodos de imagem e IA demonstraram que as alterações metabólicas e os fatores de risco CV estão mais correlacionadas com CC e RCE, do que com o IMC(8).

As diferenças com relação a deposição de gordura corporal dependendo do sexo, tornam-se muito mais pronunciadas durante a puberdade, e continuam ao longo da vida adulta(58). Fato atribuído a ação dos hormônios esteróides, que dirigem os distúrbios durante a puberdade. Em meninos, a distribuição central é mais predominante do que em meninas, ocorrendo principalmente no tronco (nuca, ombros e epigástrico); enquanto nas meninas esse acúmulo é mais periférico, e predominante na parte inferior do corpo(61). A gestação também está associada ao ganho de gordura central e visceral no pós-parto(58). O IMC, a CC e a RCE demonstraram, em metanálise, excelente poder discriminatório para gordura corporal, em crianças e adolescentes de ambos os sexos, em diagnóstico de doença(59). Apesar disso, há críticas sobre tais indicadores serem marcadores insatisfatórios de comorbidades metabólicas em crianças e adolescentes obesos(62). Assim, mesmo com as várias medidas de adiposidade, permanece controverso qual a melhor delas para prever fatores de risco, em adultos(63) e em adolescentes. Cada medida usada na atualidade tem limitações, e o trabalho na definição do melhor índice ainda está em andamento(54), tanto para crianças e adolescentes, quanto para adultos.

Ambos, obesidade geral e obesidade abdominal estão relacionadas ao aumento do risco de morbidade e mortalidade, mas a principal causa de mortes por DCV relacionadas a obesidade, é a obesidade abdominal(58). Há um consenso de que a obesidade abdominal é melhor indicador de RCV e mortalidade do que o IMC. Entretanto, os estudos disponíveis não encontraram um consenso sobre qual parâmetro antropométrico melhor prediz tais eventos(64). Recentes avanços estão levando ao desenvolvimento de cálculos derivados de medidas previamente estabelecidas para indicar a obesidade. O valor desses indicadores no acompanhamento clínico tem papel crucial na detecção, avaliação e determinação da adiposidade corporal (composição e distribuição), mas ainda há a necessidade de

validação adicional primária(60). Em geral, a interpretação antropométrica pediátrica torna-se difícil, pelo processo de crescimento contínuo e adiposidade rebote, que alteram a composição corporal(8). A identificação de métodos simples, que possibilitem o rastreamento epidemiológico de fatores de risco cardiometabólicos (CM) isolados e combinados nessa população, pode representar uma eficiente estratégia na redução da incidência das condições CM durante a vida(65).

## **Índices mais populares, aplicados amplamente nas práticas clínicas(28):**

### **2.4.1 Índice de Massa Corporal**

O IMC é a medida mais comum para identificar indivíduos com obesidade, e tornou-se uma prática universal(54). Em 1832, o então índice de *Quetelet* foi definido como a divisão do peso pela altura ao quadrado. E, após análises comparativas com outros índices que surgiram posteriormente, foi considerado o menos tendencioso em termos de independência da estatura, já que corrige o peso corporal em relação a altura(66), e portanto se comportaria melhor para análises com propósito epidemiológico(54).

Até os dias de hoje, em geral, a avaliação do estado nutricional dá-se pela análise IMC, ao qual é atribuída alta correlação com excesso de gordura corporal e de peso, no nível populacional(55). Uma das vantagens do uso do IMC é a possibilidade de utilizá-lo dos 2 anos de idade até a vida adulta, além da simplicidade e baixo custo envolvidos no seu uso. Ele tem sido uma inestimável ferramenta de avaliação e classificação da obesidade, no entanto tem uma série de limitações(68). Esse índice pode ser impreciso, pois é incapaz de quantificar a gordura corporal total, assim como distinguir músculo de gordura; e também não fornece indicação da distribuição de gordura corporal(68). Adicionalmente, há necessidade de ser adequado ao gênero, idade e etnia, para sua correta interpretação, o que pode gerar erros na classificação(8, 67).

Inicialmente, utilizavam-se como referência os percentis do IMC(55), quando valores  $\geq 85^{\circ}$  percentil já indicavam sobrepeso, baseados em uma grande pesquisa nacional estadunidense. Em 2000, *Cole et al.* propuseram pontos de corte para o IMC, menos arbitrários e potencialmente mais aceitos internacionalmente(55). Atualmente, em crianças e adolescentes, define-se como tendo estado nutricional adequado os

adolescentes com escore  $+1 > Z \geq -2$ , com sobrepeso os adolescentes com escore  $+2 > Z \geq +1$ , e com obesidade aqueles com escore  $Z \geq +2$ (69).

Considerando a questão étnica, há, por exemplo, debate sobre quais os melhores valores de corte para populações asiáticas e caucasianas(70), para as quais, atualmente, existem as maiores evidências de diferenças(71), uma vez que esses indivíduos exibem frequentemente um IMC normal com uma CC desproporcionalmente aumentada(72). Essa discussões em torno do IMC são desnecessárias, e não contribuem para a promoção de uma mensagem de saúde pública, que deveria ser simples(70). Sua limitações promoveram uma busca por outras medidas capazes de avaliar a obesidade(54).

Tornou-se um consenso, a atribuição de risco relacionado a deposição de gordura abdominal. As funções do tecido adiposo são fortemente influenciadas pela sua localização, subcutânea ou visceral(73); e o IMC não é capaz de fornecer informações a respeito da gordura abdominal/visceral, metabolicamente mais ativa e já bem determinada como fator de risco independente para doenças cardiovasculares em adultos(6, 74). Além disso, há evidências de aumento da adiposidade central, em maior grau do que a adiposidade geral, em crianças e adolescentes, nas últimas décadas(75). Dentre os índices que auxiliam na avaliação dessa gordura central em adolescentes, destacam-se: a CC, a relação cintura-quadril (RCQ) e a RCE, que descrevem com maior precisão a distribuição dessa gordura, quando comparadas ao IMC, e portanto tem sido associadas mais fortemente a morbidade e mortalidade(72). Além disso, recentemente estudos tem apontado outras medidas como a circunferência do pescoço e a circunferência do braço. A associação dessas medidas antropométricas de adiposidade periférica com valores de Z-escore do IMC, aumentam a capacidade de prever perfis CM e inflamatórios na juventude de forma significativa e independente(76).

#### **2.4.2 Circunferência ou Perímetro da cintura**

A medida da cintura tem sido proposta como a melhor dentre os indicadores antropométricos, por ser altamente sensível e específica na avaliação da gordura corporal central em pessoas jovens; e também pelos estudos que demonstram boa correlação da circunferência de cintura com métodos de imagem, já citados, que quantificam gordura visceral e subcutânea (76, 77). Ela também auxilia na identificação de crianças e adolescentes acima do peso, com risco de desenvolver complicações metabólicas, especialmente diabetes(63, 78), e é considerada mais positivamente

associada com risco cardiovascular do que o IMC(79); embora esta não possa ser uma afirmativa generalizável(56). Em populações com predisposição a obesidade central e ao risco relacionado de desenvolver síndrome metabólica, há a recomendação que, sempre que possível, a CC deve ser utilizada para refinar ações baseadas nos níveis de IMC(58).

Afirma-se que o IMC e a CC deveriam ser vistos como medidas complementares. O IMC com maior capacidade de determinar o status de sobrepeso e obesidade, e doenças relacionadas; e a CC como a medida mais prática para identificar indivíduos em risco devido a distribuição de gordura abdominal(54). Entretanto, discute-se a adição de valor da CC sobre o IMC, pois a correlação entre ambos dentro das populações é próxima, cerca de 0.9(66, 80). Além disso, estudos apontam que o aumento da medida da cintura tem repercussões, nem sempre associadas com aumento do IMC, e que ocorrem ainda que este esteja dentro da faixa de normalidade. Na população britânica, o aumento da cintura foi maior que o IMC nos últimos 10-20 anos, principalmente nas meninas(81). Em Zaragoza na Espanha, os valores de cintura apresentaram tendência crescente em adolescentes de 13 a 14 anos, de 1995 a 2000/2002, sendo tal aumento independente das mudanças no IMC em ambos os sexos e na maioria das idades(82).

A obesidade central em adultos, avaliada pela medida da cintura, está relacionada a maior risco cardiovascular quando maior do que 88 cm para mulheres e 102 cm para homens. Embora existam pontos de corte definidos, uma questão importante no uso e interpretação da CC são os protocolos utilizados para obter as medições, não necessariamente padronizados, e sua aplicação por pessoas diferentes(58). Para crianças e adolescentes, por ainda não existirem pontos de corte recomendados mundialmente para a classificação de obesidade a partir da CC, seu emprego como instrumento diagnóstico tem sido limitado(83). A heterogeneidade deste grupo etário é um dos obstáculos para o desenvolvimento de um único padrão. Outro entrave é a utilização de diferentes pontos de referência anatômicos para as medições de CC(84). Além disso, apesar da tomada desta medida ser considerada simples, assume-se que aqueles com a mesma CC tem o mesmo RCV, a despeito das diferenças de estatura(71).

Teoricamente, diferenças nos protocolos de medidas entre os estudos, podem ser responsáveis pela variação na associação entre essas medidas e fatores de risco, doença ou desfechos de mortalidade(58). Dentre as mais utilizadas, estão: o ponto médio entre a crista ilíaca e a última costela, recomendado pela OMS; a menor

cintura entre o tórax e o quadril, recomendada pelo *Anthropometric Standardization Reference Manual*(85); o nível imediatamente acima das cristas ilíacas, recomendado pelo *National Institutes of Health (NHI)*; e o nível umbilical. Segundo a OMS, o consenso é que a CC deve ser tomada no ponto médio entre a costela inferior menos palpável e o topo da crista ilíaca, com uma fita resistente ao estiramento(58).

Diversos estudos vem sendo realizados na tentativa de demonstrar o valor dessa medida como preditor de risco também crianças e adolescentes, especialmente porque é considerada a medida menos afetada por gênero, raça e adiposidade geral(86). Também, há relatos sobre as relações das medidas de cintura (CC e RCQ) não serem afetadas por ajustes do IMC, indicando independência dessas medidas de obesidade abdominal em prever risco(58). Entretanto, persiste a crítica de que, tanto a CC, quanto o IMC, não deveriam ser utilizados como ferramentas de rastreio de grandes populações porque são índices dependentes da idade(87), o que dificulta seu uso prático em ambientes clínicos e comunitários(87). Apesar dos resultados de alguns estudos serem controversos, a medida da CC é o parâmetro mais analisado, e mostra boa performance na avaliação da obesidade central(88).

#### **2.4.3 Relação cintura-estatura**

Nos últimos anos, a RCE tem sido levantada como uma alternativa a outros IA. Em 2010 foi apontada nos estudos longitudinais alemães *DETECT* e *SHIP*, como o melhor preditor de RCV e mortalidade em adultos jovens e adultos; seguido da CC e da RCQ (64). A RCE é um IA independente da idade, que tem se mostrado efetivo, demonstrando ser eficaz para avaliações rápidas e rastreamentos em massa, de obesidade e síndrome metabólica, principalmente em crianças e adolescentes(89). O fator idade-independente elimina as complicadas tabelas de pontos de corte, e torna a ferramenta consideravelmente simples para os rastreamentos apontados(87).

Além de vantagens sobre medidas como o IMC, atribui-se a esta medida o baixo custo, a fácil aferição, e a praticidade dos mesmos valores limites para homens, mulheres, crianças e adolescentes, e grupos étnicos diferentes,  $RCE = 0.5$ (70). Parece razoável, entretanto, que os níveis de corte estimados sejam ajustados para idade, em blocos, na avaliação de risco, mantendo-se para a RCE o valor de 0.5 até 40 anos de idade, e 0.6 para aqueles com 50 anos ou mais(64), valores considerados ótimos para comparação dentro dos diferentes grupos étnicos(71). Em crianças e adolescentes, valores ótimos para esses pontos de corte foram: 0.47 em meninos e 0.45 em meninas,

o que para alguns podem ser consistentes com o valor de 0.5 indicado em geral, para adultos e crianças(61, 87).

Poucos estudos de grande porte avaliaram a associação entre RCE e risco CM em crianças e adolescentes, incluindo os latino americanos. Ademais, não foram realizadas análises, até o momento, que apontem uma associação independente da localização de gordura subcutânea(90); e ainda é necessário investigar algumas questões, como uma correlação residual com a estatura, durante o crescimento(88). Com pontos contrários e pontos em seu favor, a RCE surge como outro indicador antropométrico com excelente poder discriminatório da gordura corporal total e central, para crianças e adolescentes de ambos os sexos(59), além de adultos(70, 71).

Em metanálise de 2003, demonstrou-se a superioridade da RCE em relação ao IMC, ao indicar diabetes melito (DM), dislipidemia, hipertensão arterial sistêmica (HAS) e síndrome metabólica (SMet) em adultos; além de ser mais sensível do que o IMC como um alerta precoce de riscos(89). O mesmo ocorreu em estudos posteriores, onde a RCE foi superior ao IMC ao indicar RCV, novamente em adultos(71, 91). Resultados reforçados por análise que desencorajou o uso do IMC como preditor de RCV e mortalidade(64). Em crianças e adolescentes, este IA também demonstrou ser uma ferramenta melhor do que o IMC ao indicar RCV(8). Além da superioridade descrita sobre o IMC, a RCE parece também ser mais sensível que a CC para estimar acúmulo de gordura central em adolescentes(73), assim como RCV(8).

#### **2.4.4 Relação cintura-quadril**

A RCQ é o preditor, relacionado a obesidade, mais comum de diabetes, depois do IMC; além de ter uma menor correlação com este índice do que a CC(80). É utilizada para identificar gordura total e periférica em crianças, adolescentes e adultos(59), mas alguns têm argumentado contra seu uso devido a sua ambiguidade biológica de interpretação; menor sensibilidade ao ganho de peso; grande variabilidade entre idade, sexo e grupos étnicos; e maior complexidade de interpretação no contexto da saúde pública(80). Na faixa etária pediátrica, especificamente, não é considerada um bom indicador devido ao crescimento e desenvolvimento dessa população(59), uma vez que a sensibilidade e a especificidade modificam-se de acordo com a idade, além da etnia(61). Somente após a puberdade, este indicador parece auxiliar na avaliação da distribuição de gordura corporal e de possíveis fatores de risco adicionais associados, como no adulto. Não sendo, dessa forma, recomendada para a avaliação pediátrica, mesmo quando houver obesidade apontada pelo IMC(92).

A tomada e o uso da RCQ também enfrentam problemas de padronização, assim como de outros IA. A circunferência do quadril deve ser medida em torno da porção mais larga das nádegas, com a fita paralela ao chão. Tanto para a CC quanto para a RCQ, o sujeito deve estar com os pés juntos, os braços ao lado do corpo e com roupas leves, para que o peso corporal esteja distribuído uniformemente(58). Assim, a RCQ é considerada uma medida mais complicada(64). Além disso, os pontos de corte utilizados para a RCQ, com valores de RCQ > 0.9 para homens e > 0.85 para mulheres, assim como para CC, basearam-se em estudos realizados predominantemente em populações europeias, desconsiderando as diferenças étnicas(58). Em 2008, a OMS buscou sumarizar questões em torno deste IA, e da CC, para definir pontos de corte globalmente(58, 93).

O estudo *Interheart*(94), um caso-controle que avaliou fatores associados ao infarto agudo do miocárdio (IAM), sendo os principais tabagismo e dislipidemia, em 52 países, verificou que a CC e a RCQ tem uma forte e linear associação com o risco de IAM, de forma independente, o que não ocorre com o IMC; sendo que em modelos ajustados para sexo, idade, tabagismo e região, a RCQ demonstrou maior associação a esse risco do que a própria CC. Também, em metanálise de 2007, apontou-se que, apesar da baixa correlação com o IMC e CC, a RCQ parece ter a mesma habilidade de prever diabetes melito tipo 2 (DMT2) do que estes dois IA(80), sendo que, para adultos, esse IA demonstrou maior acurácia discriminatória para eventos CV em 10 anos, se comparado com outros indicadores de obesidade(27).

#### **2.4.5 Outros índices**

Diante de conclusões contraditórias com relação a mortalidade que o foco no IMC tem gerado(95), novas medidas estão sendo introduzidas. Várias outras medidas antropométricas unidimensionais, como a circunferência da cintura, circunferência do quadril e pregas da pele, e sua relação com obesidade também tem sido estudadas, com variados resultados em termos de desfecho atribuído a cada uma delas. E além destas, medidas bi e tridimensionais(96). Claramente, nenhuma medida única pode capturar todos os aspectos do problema geral da obesidade e as doenças relacionadas(96).

### **Circunferência do pulso**

Afirma-se que a massa gorda é negativamente associada a massa óssea; e a resistência insulínica (RI), complicação comum da obesidade, parece ser um fator intermediador nesta relação(78). O estado inflamatório atribuído a esta condição, estaria associado a redução da densidade mineral óssea, assim como outras condições inflamatórias, como por exemplo a artrite reumatóide(97). Entretanto, vários estudos apontam que a hiperinsulinemia está associada ao aumento de massa óssea(78, 97). A insulina atua como fator de crescimento por meio do IGF-1 (fator de crescimento insulina-*like* 1), um regulador da proliferação osteoblástica, diferenciação e aposição da matriz óssea. Além disso, há estudos que apontam que o sistema regulatório da insulina media a comunicação entre o controle metabólico e a remodelação óssea(97).

Assim, surge a primeira evidência de que a medida da circunferência do pulso correlaciona-se fortemente com medidas de resistência insulínica em crianças e adolescentes obesos(98). A medida a circunferência do pulso é facilmente reproduzível, não necessitando da colaboração do paciente obeso, e altamente comparável a medida da CC, que apesar de muito utilizada, continua sem protocolos de medição uniformemente aceitos(98).

### **Circunferência do pescoço**

A circunferência do pescoço é um parâmetro relativamente novo, indicador da distribuição da gordura subcutânea no tronco(88). Estudos envolvendo adultos tem sugerido a circunferência do pescoço (31) como um método de avaliação alternativo a CC, de tomada simples e prática, não afetada pela distensão abdominal pós-prandial, nem por movimentos respiratórios. Além disso, é uma medida que não leva a tantas preocupações com privacidade, como na medida da CC ou do quadril(7). A facilidade com que esta medida é avaliada influencia sua utilidade e confiabilidade nas triagens em saúde. Entretanto, a avaliação dessa medida antropométrica em adolescentes ainda é rara(99), e a literatura sobre esse IA especialmente escassa(88). Determinar valores de referência para rastrear excesso de peso e RCV por meio desta medida tem algumas particularidades, especialmente em adolescentes; pois adicionalmente aos efeitos do crescimento, existem as mudanças causadas pelo desenvolvimento puberal na distribuição da gordura corporal, e a projeção da cartilagem tireoidiana na linha média em homens. Assim, pontos de corte baseados no gênero e idade podem ser insuficientes(11).

Em adultos e adolescentes, a circunferência do pescoço guarda correlação com as mais utilizadas medidas de adiposidade utilizadas na prática clínica, o IMC e a CC, apesar de haver falta de parametrização na avaliação de todos, e dos seus valores de referência(11). Ainda, a medida da circunferência do pescoço tem alta correlação com a CC aferida em seus 3 possíveis locais, além da significativa correlação com peso, IMC e porcentagem de gordura(7). Estudos sugerem como valores de referência para a circunferência do pescoço em adolescentes próximos aos valores para adultos, considerando a proximidade com os 18 anos de idade: 33 a 35 cm para mulheres e 37 a 38.5 cm para homens(11). E ainda que, embora necessite ser mais estudada, este IA tem provado ser satisfatório na avaliação de adiposidade central em crianças(88).

### **Medidas bidimensionais e tridimensionais**

O **índice de conicidade** (IC - *C-index*) foi proposto em 1991(100), para avaliar obesidade e distribuição da gordura corporal, sob o argumento comum de que a gordura central está mais associada a doença cardiovascular do que a obesidade geral(101), e considerando que as pessoas acumulam gordura na linha da cintura, o que modifica seu formato corporal de cilíndrico, menor acúmulo de gordura na região central, para um duplo cone, dispostos um sobre o outro, maior acúmulo(100).

IC é calculado pela seguinte fórmula(100, 101):

$$IC = \frac{\text{Circunferência da cintura (m)}}{0.109 \frac{\text{Peso corporal (kg)}}{\text{Estatura (m)}}}$$

Essa avaliação, baseada em qualquer valor de CC para determinado peso e estatura, pode prontamente indicar, se suportado por dados populacionais, o risco de doença associado com adiposidade abdominal(100). O valor 0.109 é a constante que resulta da raiz da razão entre  $4\pi$  (advindo da dedução do perímetro do círculo de um cilindro) e a densidade média do ser humano de  $1,050\text{kg/m}^3$ (102).

O IC foi proposto e testado com sucesso para apontar risco CM em pessoas jovens(103), e, em adultos, apresentou performance superior aos demais IA na previsão de RCV(27). Em adolescentes, teve algum sucesso em prever alterações lipídicas(102).

Uma delas, proposta desde 2012(104), é baseada na CC, mas independente para peso, estatura e IMC: **o índice de forma corporal** (IFC - *a body shape index - ABSI*). Foi derivado de uma expressão da lei de potência alométrica, para normalizar a CC e o IMC(66), como uma forma de separar o impacto do formato e do tamanho do corpo sobre a saúde(104).

$$\text{IFC} = \frac{\text{Circunferência da cintura}}{\text{IMC}^{2/3} \text{ Estatura}^{1/2}}$$

Basicamente, uma alto IFC indica que a CC é mais alta do que o esperado para determinados peso e estatura, o que corresponde a uma maior concentração central de volume corporal(104). Comparado com a CC, a medida do quadril, a RCE ou a RCQ, o índice de forma corporal é estatisticamente independente, com baixa correlação com o IMC, evidenciada por diversos estudos transversais(66). Por ser independente do IMC, o índice de forma corporal poderia lançar luz sobre a habilidade de prever obesidade abdominal, que não pode ser atribuída apenas ao IMC(95), resultando em melhor previsão do risco de mortalidade(66). Embora, tenha sido demonstrada sua habilidade de prever o risco de mortalidade na população estadunidense; e também sua maior associação a mortalidade por causas cardiovasculares em homens holandeses, do que a CC, RCE e RCQ(95); um próximo passo lógico seria investigar sua associação com mortalidade a longo prazo, assim como prever morbidade e prejuízos na qualidade de vida(104). Além disso, há estudos demonstrando que o IFC é capaz de prever início do diabetes, apesar de não ser superior a CC e IMC, sendo que a três medidas apresentam desempenho similar nesse caso(105).

Uma variância que é responsável por ambos, análise do formato e do tamanho do corpo, e avalia seu desempenho como preditor de mortalidade por todas as causas, foi proposta em 2016, **o índice de forma e superfície corporal** (*surface-based body shape index - SBSI*); baseado em quatro determinantes antropométricos chave: área de superfície corporal (ASC), circunferência vertical do tronco (CVT), estatura e CC; sendo que a CVT e a CC estão fortemente associadas a gordura abdominal. O cálculo se dá, de maneira simplificada pela seguinte fórmula(96):

$$\text{SBSI} = \frac{(\text{Estatura}^2) (\text{Circunferência da cintura})}{(\text{ASC}) (\text{CVT})}$$

Este tem uma correlação negativa com IMC e peso respectivamente; nenhuma correlação com a CC; e mostra em geral uma relação linear com a idade, e um aumento com o aumento da mortalidade quando comparados com outros IA mais populares(96).

Além destes, há outros índices considerados como novos indicadores da obesidade e suas complicações, como: o índice de volume abdominal (IVA), índice de arredondamento corporal, índice de adiposidade corporal e o índice pediátrico de adiposidade corporal. Comparados entre si, e com os índices mais tradicionais, como a CC, apontou-se em população pediátrica espanhola que a medida da CC e o IVA tem maior capacidade discriminatória de obesidade abdominal(106).

## 2.5 Hipertensão em adolescentes

O aumento da obesidade trouxe preocupação com o desenvolvimento de doenças crônicas, que anteriormente eram comuns para os adultos e, agora, começam a emergir na faixa etária pediátrica. A presença da obesidade na criança e no adolescente está significativamente associada ao aumento da chance de hipertensão arterial (HA) primária(107). O interesse na HA pediátrica aumentou desde 2004 com *“Fourth Report on the Diagnosis, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure in Children and Adolescents”*(108), no qual definem-se os níveis de PAS e PAD de acordo com 50º, 90º, 95º e 99º percentis, considerando a idade, estatura e sexo(107). Apesar, da pressão arterial em crianças ter começado a ser levada mais a sério em meados de 1960, e ter, então, ficado bem estabelecida como um importante componente do exame físico pediátrico de rotina(109), a HA em crianças e adolescentes não é diagnosticada frequentemente(107, 110).

Nos Estados Unidos, a prevalência de HA em adultos é de 29%, aumentando com o envelhecimento(111). No Brasil não é diferente, o número de indivíduos que refere diagnóstico médico de HA é de 24,3%, sendo maior em mulheres, 26,4%, e também aumentando com a idade(112). Em revisão sistemática demonstrou-se que 31,3% dos adultos no mundo estavam hipertensos em 2010, sendo que a ocorrência de sobrepeso, HA e dislipidemia em adultos jovens está associada com estes mesmos fatores de risco na infância, o que leva a uma necessidade urgente de enfrentamento

da HA emergente, principalmente em países de média e baixa renda(113). Apesar dos dados relacionados a HA serem analisados principalmente nos adultos, tem-se relatado aumento da prevalência de HA em adolescentes de todo o mundo(113). Estudos demonstram prevalência combinada de pré-hipertensão e hipertensão em adolescentes maior do que 20%, chegando até em valores acima de 30%(114). No Brasil, um recente estudo de base populacional apontou prevalência de HA em adolescentes de 9,6%(30). Embora, a informação sobre prevalência de HA em crianças e adolescentes, em geral, derivem de grandes estudos, como a *National Health and Nutrition Examination Survey*, tipicamente baseados em um único momento de aferição da pressão arterial (PA). É bem conhecido que as complicações da hipertensão vistas nos adultos, também estão presentes nas crianças. Pacientes pediátricos mostram alteração em estruturas cardíacas e vasculares no momento do diagnóstico; e estão susceptíveis a mudanças na função renal e reatividade cerebrovascular. Além disso, hipertensão em crianças e adolescentes está associada a pior desempenho escolar e prejuízos de aprendizagem(107).

Múltiplos fatores como: hipertensão, dislipidemia, diabetes, tabagismo, comportamento sedentário e história familiar são ligados a maioria dos eventos cardiovasculares(115), sendo que a HA é um dos fatores de risco relacionados mais desafiadores para a saúde pública(116), e está associada a falência cardíaca e renal, e morte prematura(2). Muitos desses fatores relatados para adultos, estão também relacionados a níveis de pressão arterial mais altos em crianças e adolescentes(109). Uma direta relação entre o peso e a pressão arterial foi documentada mesmo antes dos 5 anos de idade(117), ficando mais proeminente na segunda década. Crianças mais velhas e mais altas estão mais propensas a ter seus níveis alterados de PA identificados(110). A influência genética sobre a PA também pode ser identificada precocemente(109). Além disso, dieta, aumento do IMC, aumento do consumo de carboidratos e o sedentarismo estão associados com o desenvolvimento de HA primárias na faixa etária pediátrica(107).

Ainda que a pressão arterial persistentemente elevada pareça ocorrer com baixa frequência em crianças, *Freedman* apontou, desde 1975, uma frequência nove vezes maior desta condição em crianças acima do peso(43, 44). A etiologia da HA relacionada a obesidade em crianças e adolescentes parece estar relacionada a hiperatividade simpática e resistência insulínica, levando a alterações na reatividade vascular e reduzindo a excreção de sódio(29). Ainda que este e outros estudos correlacionem fortemente a presença de HA na faixa etária pediátrica com o excesso

de peso, há estudos recentes que demonstram que a elevação da pressão arterial pode ser detectada em todas as faixas de peso, até mesmo em crianças com peso normal(15, 16). Essa tendência pode ser explicada pelo fato dos clínicos buscarem mais atentamente alterações de PA quando identificam o excesso de peso(110).

A pressão arterial é consideravelmente mais baixa em crianças do que em adultos, mas quase sempre aumenta de forma constante ao longo das duas primeiras décadas de vida, o que reforça a hipótese de que a HA essencial começa na infância(109). A HA pediátrica pode ser secundária a outras doenças, especialmente nas situações de maior severidade(107), ou primária/essencial. Apesar das formas secundárias de hipertensão serem mais comuns em crianças e adolescentes do que em adultos, e relacionadas principalmente a causa vascular ou renal; as formas primárias da doença, em que uma causa não é identificável, ocorrem, assim como nos adultos, na maioria das crianças e adolescentes com o quadro leve a moderado(118). Ainda assim, a HA primária na faixa etária pediátrica continua sendo um diagnóstico de exclusão, estando indicada a investigação das causas secundárias(107). Ainda, nos adolescentes merece atenção a HA iatrogênica, associada a medicamentos como pílulas contraceptivas, agentes simpatomiméticos, como o metilfenidato, e glicocorticoides(107), além de bebidas energéticas (119).

A avaliação da PA em crianças e adolescentes é desafiadora, pois a leitura pode variar substancialmente dependendo da cooperação e posicionamento do paciente(107), além do uso do manguito de tamanho apropriado, que corresponde a 40% do valor da circunferência do braço, medida no ponto médio entre o acrômio e o olecrano, necessário para assegurar uma medida acurada(109). Além disso, o diagnóstico de HA pode ser firmado somente após 3 medidas realizadas em visitas diferentes, com valores acima do percentil 95, para idade, sexo e estatura, o que pode dificultar a prática clínica e contribui para o subdiagnóstico de hipertensão e pré hipertensão pediátrica(110). Apesar da recomendação de aferição de PA em todas as crianças acima dos 3 anos de idade que estiverem em consulta médica(108), o rastreamento de HA em crianças e adolescentes permanece com evidência insuficiente, sem benefício apontado na prevenção de doenças cardiovasculares, apesar de estar em processo de revisão e atualização(120, 121).

## 2.6 Resistência insulínica em adolescentes

A RI e DMT2 em crianças e adolescentes tem aumentado paralelamente aos índices de obesidade, com dificuldade na determinação dos valores globais, que variam amplamente com idade, sexo, etnia e região geográfica(122). A consistência da associação entre obesidade e DMT2 entre as populações, apesar das diferenças na medida de gordura e nos critérios para o diagnóstico do diabetes, reflete a força desta relação(58). Para os adultos, a prevalência global estimada de DMT2 em 2019 foi de 9,3% e de tolerância à glicose diminuída de 7,5% com previsão de um incremento de 25% até 2030(123). Apesar disso, o entendimento a respeito da progressão da resistência insulínica associada a obesidade para o DMT2, permanece incerta(124). Não há cura para o diabetes. Dessa forma, a prevenção torna-se a melhor intervenção, e identificar os indivíduos que estão risco para o desenvolvimento da doença, tem potencial benefício, pois podem guiar estas medidas preventivas(105).

Há fortes evidências de que a RI é a manifestação mais precoce e condutora central a disfunção cardiometabólica em crianças(125, 126). O aumento sustentado de biomarcadores inflamatórios parece ser o componente chave na patogênese da RI, fator preditor independente para o desenvolvimento do DMT2, que surge anos após o início da doença(124, 127). A RI é a alteração metabólica mais comum relacionada com a obesidade, e representa uma ligação importante entre essa condição e complicações CV(128), pela associação com intolerância à glicose, além de ser fator de risco mais crítico para o desenvolvimento ao DMT2, a doença metabólica mais prevalente no mundo(124). Caracteriza-se pela falta de resposta fisiológica dos tecidos periféricos à ação da insulina, levando a distúrbios metabólicos, com provável envolvimento de fatores genéticos e ambientais na sua etiologia(125, 129).

A secreção de insulina tem alta concentração no paciente obeso, dessa forma as células beta pancreáticas poderão, ou não, estar aptas a lidar com essa sobrecarga sustentada pela resistência insulínica. Se com o tempo a função da célula beta entrar em declínio, haverá como consequência a hiperglicemia e até mesmo o DMT2. A hiperinsulinemia em crianças foi encontrada em diversas populações com risco conhecido elevado para o desenvolvimento de diabetes. Aproximadamente 55% da variância da sensibilidade insulínica em crianças pode ser explicada pela adiposidade global, embora a adiposidade visceral guarde melhor correlação, após ajustar-se idade, gênero, etnia e estágio de desenvolvimento puberal(125).

Apesar da importância da resistência insulínica no desenvolvimento de doenças crônicas, seu diagnóstico envolve demandas invasivas(73). Ela pode ser avaliada através da insulina plasmática, do índice glicose-insulina, do *homeostatic model assessment (HOMA-IR)*, do *quantitative insulin sensitivity check index (QUICKI)* e do índice *McAuley*. Além do DMT2, a síndrome da resistência insulínica está associada ao aumento da morbimortalidade e anormalidades metabólicas, como aumento de marcadores inflamatórios, microalbuminúria e outros(130). É também o componente chave da síndrome metabólica, cuja prevalência na população pediátrica está aumentando; e está relacionada a alterações de função e morfologia das paredes vasculares, com o aumento do HOMA-IR direta e independentemente associado a piora da função vascular(131). Essas alterações clínicas, como já se sabe, não são exclusivas dos adultos. Em crianças e adolescentes, mesmo com a adiposidade visceral reduzida se comparados aos adultos, há correlação entre esta adiposidade e piora no perfil lipídico e hiperinsulinemia(132).

Marcadores inflamatórios e do metabolismo de glicose modificam-se de acordo com a composição corporal(127). Os dados de estudos prospectivos mostram uma ampla relação entre IA e risco de DMT2, com certa dificuldade em demonstrar superioridade com relação ao IMC(58). No entanto, estudos transversais, em sua maioria, apontam que aqueles IA relacionados ao acúmulo central de gordura, ex. CC e RCQ(58), parecem guardar melhor correlação com a RI(73). Particularmente, para prever a resistência insulínica, os indicadores antropométricos tradicionais (IMC, CC), ajustados para sexo e idade, ainda são aqueles que apresentam-se melhor correlacionados(73). Entretanto, há indicação de maior acurácia para o RCQ e a CC, quando associados ao Z-escore para o IMC(76).

## **2.6 Relação entre indicadores antropométricos e fatores de risco cardiovascular em adolescentes**

Diante do crescente problema das DCNT no mundo, é essencial desenvolver e implementar estratégias eficazes de saúde pública, para controle e prevenção. Um teste de triagem ideal seria aquele capaz de classificar o risco de doença, de maneira que poucas pessoas fossem descaracterizadas. Na prática, entretanto, isto não é possível quando se avalia um grande número de indivíduos, o que torna necessário encontrar um equilíbrio entre sensibilidade e especificidade(7). A identificação precoce de adolescentes com aumento de adiposidade e a complicações metabólicas

relacionadas requer medidas simples, confiáveis e específicas do excesso de gordura corporal para a faixa etária(47). Quando se analisam evidências para indicar qual medida de avaliação corporal está mais fortemente associada a RCV subsequente, há limitação para que se apoie a superioridade discriminatória de qualquer um dos IA. Primeiramente, porque, em geral, estudos que realizaram esse tipo de análise são transversais, e há uma clara necessidade de dados de estudos longitudinais(72), para que essa antiga questão tenha maior possibilidade de resposta.

Com relação a HA, o IMC e a CC continuam sendo apontados em diversos estudos com uma associação mais forte com pressão arterial elevada(10, 114, 133), sendo que o IMC ainda aparece em alguns deles como o mais fortemente associado(113, 114), e ainda o mais relacionado a dislipidemia e marcadores inflamatórios(38). Por outro lado, a CC aparece significativa e independentemente associada a pressão arterial elevada, com maior sensibilidade do que outros IA, como a RCE(90), e sendo apontada como o índice indicativo de alteração de pressão arterial, mesmo em crianças sem alteração de peso (15, 16, 118, 134). A medida da circunferência do pulso(2) e a RCE(113) também aparece como uma medida simples capaz de prever HA em adolescentes. Por outro lado, a RCQ aparece como uma medida fraca para apontar HA em adolescentes(135). Apesar de todos esses apontamentos, para hipertensão e dislipidemia o IMC, a CC e a RCQ são avaliadas como tendo desempenho similar(72), o que não corroboraria a superioridade das medidas de obesidade central.

Para o diabetes, há evidência indicando as medidas de obesidade central mais fortemente associadas do que o IMC, apesar deste ainda ser bastante considerado nas avaliações, com indicação de que se consistentemente elevado desde idades precoces está associado a piora do perfil inflamatório, lipídico e RI em adolescentes(133, 136). A CC aparece bem relacionada a resistência insulínica, além de, assim como o IMC, apontar alterações lipídicas e status inflamatório mais alto(136). A utilidade da CC é corroborada pelo uso de métodos de imagem que quantificam a gordura visceral, e que está associada a insulina e ao HOMA-IR(77).

Quando se fala em risco CM em adultos, as medidas de obesidade central demonstram superioridade, com a RCE sendo apontada com melhor poder discriminatório(71), embora demonstre-se o maior valor clínico da associação deste IA com o IMC na indicação do RCV(63). A RCE aparece também para crianças e adolescentes altamente recomendada como ferramenta de rastreamento de obesidade abdominal e risco CM no nível populacional(137), e também é considerada conveniente

e de fácil interpretação, o que contribui para a identificação rápida de crianças e adolescentes em risco(138). Para a síndrome metabólica, que refere-se a um conjunto de fatores de risco que podem aumentar as chances de doenças cardiovasculares e DMT2; embora o IMC ainda seja encorajado como um dos melhores indicadores(65), são considerados superiores aqueles ligados a obesidade central, desde a RCE(103), CC (65, 106), além do índice de volume abdominal(106).

### 3 ESTUDO DE RISCOS CARDIOVASCULARES EM ADOLESCENTES - ERICA

Os dados que compõem as produções incluídas nesta tese, são provenientes do ERICA. Um estudo transversal, nacional e de base escolar, coordenado nacionalmente pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O ERICA é o maior estudo de prevalência de fatores de riscos cardiovasculares em adolescentes já realizado no Brasil; e foi aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa (CEP) da instituição da coordenação central do estudo, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (IESC/UFRJ), e de cada estado brasileiro.



Fonte: [erica.ufrj.br](http://erica.ufrj.br)

O ERICA impressiona não só pelo tamanho da pesquisa, cerca de 75.000 adolescentes avaliadas em 1.248 escolas de 121 municípios, mas também pela abrangência em todo território brasileiro. O estudo tem representatividade nacional, regional, de capitais e de estratos do interior das cinco regiões para municípios com mais de 100 mil habitantes. Considerando que mais de 80,0% dos adolescentes brasileiros frequentem escola, a base escolar da população amostral do ERICA pode ser considerada muito expressiva para seus propósitos(139).

O projeto foi iniciado em 2008 quando o Ministério da Saúde (SCTIE/DECIT) lançou uma chamada pública a fim de selecionar instituições científicas para desenvolvimento de inquérito epidemiológico nacional sobre síndrome metabólica e obesidade em adolescentes(140, 141). O projeto ERICA, do Instituto de Estudos em Saúde Coletiva da Universidade Federal do Rio de Janeiro, foi selecionado. Iniciou-se,

a partir de então, a formação de uma grande rede nacional de pesquisadores de diferentes áreas da saúde envolvidos com saúde do adolescente, doenças cardiovasculares e obesidade, entre outras. Foi formado um núcleo de coordenação central e coordenações locais, com pesquisadores colaboradores e consultores participando em diferentes etapas do estudo, do planejamento e execução à análise dos dados(139).

O objetivo principal do ERICA foi estimar a prevalência de fatores de risco cardiovascular em adolescentes de 12 a 17 anos que frequentavam escolas públicas e privadas em cidades brasileiras com mais de 100 mil habitantes. O estudo permitiu também a investigação de inúmeras associações envolvendo características sociodemográficas, fatores de risco cardiovascular e alterações metabólicas.

Trata-se de uma amostra de desenho complexo, com 32 estratos, compostos pelas capitais dos estados e pelos conjuntos formados pelos municípios de mais 100 mil habitantes dos interiores das macrorregiões brasileiras(142). Assim, a amostra tem representatividade para o conjunto de municípios de médio e grande porte no nível nacional, regional e para as capitais e o Distrito Federal. Foram selecionados conglomerados em três níveis: escolas, combinações de ano e turno, e turmas. O processo de amostragem está descrito em publicação anterior(143, 144).

Uma equipe previamente treinada avaliou os adolescentes de março de 2013 a dezembro de 2014. A pesquisa buscou dados sobre importantes aspectos da saúde do adolescente, incluindo: a saúde mental e comportamentos, geralmente iniciados nessa fase de vida - tabagismo, consumo de álcool e vida sexual. Além de um questionário autopreenchido eletronicamente. O consumo alimentar foi avaliado utilizando-se inquérito recordatório alimentar de 24 horas; e informações sobre história familiar, peso ao nascer e amamentação do adolescente, foram obtidas por meio de questionário enviado através dos participantes aos responsáveis. Foram ainda aferidos: peso, altura, circunferência de cintura, pressão arterial. E ainda, em subamostra de aproximadamente 42.000 adolescentes que frequentavam o turno da manhã, foram coletadas amostras de sangue para dosagem de lipídios, glicose, insulina e hemoglobina glicada.

O detalhamento sobre a coleta das informações encontra-se em publicação prévia(142). A estratégia geral de coleta foi coordenada pela equipe central do projeto, porém, em cada estado, havia uma coordenação local responsável por todos os aspectos da logística, pelo recrutamento e acompanhamento de supervisores, treinados pela coordenação central, e por todas as etapas do processo de obtenção de

informações(141). A proporção de não-resposta, inferior a 1/3, e com as características descritas, dificilmente causará impacto significativo nas estimativas do estudo. O estudo fornece informações úteis para futuros inquéritos em adolescentes que poderão aprimorar as estratégias de coleta de informações visando reduzir a não-resposta(141).

Atualmente, está em andamento a segunda etapa do estudo, com objetivo de acompanhamento longitudinal, realizada em 4 capitais brasileiras: Rio de Janeiro, Porto Alegre, Fortaleza e Brasília. O projeto pretende acompanhar por 10 a 15 anos, a cada 3 ou 4 anos, os adolescentes que consentiram na participação.



**PARTICIPE  
E  
COMPARTILHE!**

A nova avaliação será realizada nos seguintes locais:

**Rio de Janeiro:** Núcleo de Estudos da Saúde do Adolescente (NESA), situado no Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE/UERJ).

**Brasília:** Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro

**Fortaleza:** Hospital Universitário Walter Cantídio

**Porto Alegre:** Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Ainda com dúvidas?

Pode ligar para a gente (21) 99602-8284, mandar Whatsapp ou deixar uma mensagem no site [www.ERICA.ufrj.br](http://www.ERICA.ufrj.br).

Fonte: [ERICA.ufrj.br](http://ERICA.ufrj.br)

### 3.1 OUTROS RESULTADOS APRESENTADOS PELO ERICA

Considerando os objetivos do ERICA, diversos estudos foram realizados e publicados.

Analisando-se os padrões alimentares, houve similaridade entre as regiões do país, com a presença dos alimentos tradicionais, arroz e feijão, o que foi caracterizado como um padrão mais saudável. Esta dieta tradicional aparece com maior consumo entre adolescentes do gênero masculino; e a melhor condição sócio-econômica está associada a maior consumo de bebidas açucaradas e lanches(52). Por outro lado, ao menos metade dos adolescentes apresentou comportamentos alimentares saudáveis, avaliadas pelo hábito de consumir café da manhã, realizar as refeições com os pais ou responsáveis e tomar pelo menos cinco copos de água por dia. Estes hábitos tiveram maior relação com adolescentes masculinos, mais jovens, estudantes de escolas privadas e com mães com escolaridade mais alta(50).

Ainda que a mensuração dos níveis populacionais de atividade física seja bastante complexa, especialmente na infância e na adolescência, os dados demonstraram que mais da metade dos adolescentes brasileiros, moradores de cidades de médio e grande porte, não atinge a recomendação de atividade física para a promoção da saúde, 300 minutos/semana, o que entre as meninas chega a 70%. E a inatividade também é predominante nos momentos de lazer(145).

O ERICA foi o primeiro estudo brasileiro com representatividade nacional e regional a estimar prevalência de HA em adolescentes, cerca de 10%. Os resultados mostraram que 24,0% dos adolescentes brasileiros estão com pressão arterial elevada, somando-se pré-hipertensão e hipertensão; além disso cerca de 25,0% estão com excesso de peso (20,5% excesso de peso e 4,9% obesidade). A prevalência de HA foi maior naqueles obesos(30).

As prevalências de alterações lipídicas também são frequentes em adolescentes brasileiros, com níveis baixos de HDL-colesterol, níveis elevados de colesterol total, e ainda, em algumas regiões, níveis altos de triglicerídeos(146). E, apesar da prevalência da síndrome metabólica ser baixa, houve altas prevalências de alguns componentes na composição da síndrome, como CC e glicose elevados(147), além dos outros já citados.

## 4 ARTIGOS

### 4.1



Pazin DC, et al. Association Between Abdominal Waist Circumference And Blood Pressure In Brazilian Adolescents With Normal Body Mass Index. *Global Heart*. 2020; 15(1): 27. DOI: <https://doi.org/10.5334/gh.779>

---

#### ORIGINAL RESEARCH

## Association Between Abdominal Waist Circumference and Blood Pressure In Brazilian Adolescents With Normal Body Mass Index

Waist circumference and blood pressure in Adolescents

Daiane Cristina Pazin<sup>1</sup>, Tatiana Lorena da Luz Kaestner<sup>1</sup>, Márcia Olandoski<sup>1</sup>, Cristina Pellegrino Baena<sup>2</sup>, Gabriela de Azevedo Abreu<sup>3</sup>, Maria Cristina Caetano Kuschnir<sup>4</sup>, Katia Vergetti Bloch<sup>3</sup> and José Rocha Faria-Neto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> School of Medicine, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Rua Imaculada Conceição, Curitiba/PR, BR

<sup>2</sup> Center for Clinical and Epidemiological Research (EpiCenter), School of Medicine, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Rua Rockefeller, Curitiba/PR, BR

<sup>3</sup> Institute of Public Health Studies, Federal University of Rio de Janeiro, Avenida Horácio Macedo S/N, Rio de Janeiro, RJ, BR

<sup>4</sup> School of Medicine, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, RJ, BR

Corresponding author: José Rocha Faria-Neto ([jose.faria@pucpr.br](mailto:jose.faria@pucpr.br))

**ORIGINAL RESEARCH****Association between abdominal waist circumference and Blood Pressure in Brazilian Adolescents With Normal Body Mass Index**

Waist circumference and blood pressure in Adolescents

Daiane Cristina Pazin<sup>1</sup>, Tatiana Lorena da Luz Kaestner<sup>1</sup>, Márcia Olandoski<sup>1</sup>, Cristina Pellegrino Baena<sup>2</sup>, Gabriela de Azevedo Abreu<sup>3</sup>, Maria Cristina Caetano Kuschnir<sup>4</sup>, Katia Vergetti Bloch<sup>3</sup> and José Rocha Faria-Neto<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> School of Medicine, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Rua Imaculada Conceição, Curitiba/PR, BR

<sup>2</sup> Center for Clinical and Epidemiological Research (EpiCenter), School of Medicine, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Rua Rockefeller, Curitiba/PR, BR

<sup>3</sup> Institute of Public Health Studies, Federal University of Rio de Janeiro, Avenida Horácio Macedo S/N, Rio de Janeiro, RJ, BR

<sup>4</sup> School of Medicine, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro RJ, BR

## INTRODUCTION

Cardiovascular diseases (CVDs) are the leading cause of death worldwide. CVD mortality rates are influenced by several risk factors, such as smoking, changes in cholesterol and glucose levels, and also treatment availability and quality (1). Hypertension is one of the most challenging risk factors in public health (2). Although hypertension is more prevalent in the elderly, there has been an increase in the prevalence of hypertension in adolescents worldwide. During adolescence, hypertension is usually essential, not secondary, and influenced by the excess of weight, metabolic syndrome (MetS), and genetic factors (3).

Adolescence is a stage between the ages of 12 to 18 years, during which a series of psychological, hormonal, and anthropometric changes occur. Obesity is the most common chronic disease in this age group (4) and is related to a future decrease in life expectancy (5). Among several cardiovascular (CV) risk factors evaluated in children and adolescents, overweight was associated with a higher prevalence of high cholesterol levels, diastolic blood pressure (BP), triglyceride level, and fasting glucose level (6, 7). Body mass index (BMI) is the most widely method used for assessing overweight. However, it is mainly the excess of body fat that is related to the risk of chronic diseases, not being overweight (8). BMI does not provide information on abdominal fat, which is metabolically more active and is well defined as an independent risk factor for CVDs in adults (9). On the other hand, waist circumference (WC) is a better marker of abdominal fat and has a stronger association with CV risk factors (10).

In adolescents, the use of WC is limited due to changes in body composition caused by growth and development (10). WC increase is not necessarily associated with BMI increase, and can be abnormal even when it is within the normal range (11). In addition, many CV risk factors are present in children and adolescents with normal weight (12). Therefore, measures such as neck circumference, WC, hip circumference, and waist-to-hip ratio, can be used to predict arterial hypertension, glucose metabolism, others CVD changes, and thus help identify those who need more attention (13).

The Study of Cardiovascular Risk in Adolescents – ERICA was the first nationally represented Brazilian study, designed to provide estimates of the prevalence of diabetes mellitus, obesity, CV risk factors, insulin resistance, and inflammatory markers in adolescents (14-17). The present study aims to evaluate the association between WC and elevated BP in adolescents aged 12 to 17 years with a normal BMI.

## **METHODS**

### **Study design and sample**

The data analyzed were obtained from ERICA, a cross-national, school-based study. It is one of the most comprehensive studies on the prevalence of CV risk factors in adolescents ever conducted in Brazil and was approved by the Research Ethics Committees of the study's central coordinating institution (IESC/UFRJ) and of each Brazilian state.

The sample was divided into 32 strata consisting of the 27 Brazilian capital cities and five sets of countryside cities containing more than 100,000 inhabitants from each of the country's five macro-regions. Thus, the sample is representative nationally, regionally and for the capitals and the Federal District. Schools were sampled using probability proportional to size (PPS), with the measure of the size equal to the ratio between the number of the students of the school, and the distance, in kilometers, between the municipality where the school was located and the capital of the state, to avoid the spread of the sample. The systematic PPS selection was used, with schools sorted by geographic stratum, location (urban x rural) and administrative dependency (public or private). In the second stage of sampling, three combinations of shift and grade were sampled. All eligible students of the sampled classes were included. The sampling process has been described in prior publications (18, 19).

The observers were trained by ERICA's central coordination team, according to the study protocol. An operation manual and videos were especially produced for the training of anthropometric and BP measures. The observers were trained in anthropometric measurements using the Habicht's criterion (20) as a guide to assess inter and intra variability. Checks were conducted regularly to identify outliers, discrepancies or digit preference in measurements (18).

Between March 2013 and December 2014, a pre-trained team evaluated adolescents aged 12 to 17 years attending 1,248 schools in 121 Brazilian municipalities. An anthropometric and BP evaluation was performed; furthermore, 24-hour food abstinence was instructed, and blood laboratory tests were performed. A self-filled questionnaire with items on socio-demographic and lifestyle information was also employed.

## **Exclusion criteria**

The study used data from adolescents of both sexes with a normal BMI (21). We excluded from the analysis: pregnant adolescents; those with temporary or permanent physical disabilities; those who refused to participate in the study; those who did not sign the informed consent form (ICF) or did not bring the ICF signed by the individual responsible, when required by the municipality.

## **Ethical issues**

This study was conducted according to the principles of the Helsinki declaration. The approval of the Ethical Committee at each of the 26 States and for the Federal District was obtained. Permission to conduct the study was obtained in all State and local Departments of Education and in all schools. Written informed consent was obtained from each student after carefully explanation about the study and its procedures, and also from their parents for those who are invited to take blood collection (those studying in the morning). The student's privacy and confidentiality were guaranteed throughout the study.

## **Data collection**

Weight was evaluated using the Leader model P200M electronic scale with a capacity of up to 200 kg and variation of 50 g. Stature was measured twice using the Exact Height portable stadiometer with a variation of 0.1 cm, considering the average of the two values obtained. Weight and height were used to classify the nutritional status from the BMI calculation (weight/height); the specific BMI curves proposed by the World Health Organization (2007) for age and sex were employed. The cut-off point used was as follows: Z score of -2 to 1 (adequate weight) (22).

WC was measured using a Sanny inextensible measuring tape with a variation of 0.1 cm at the midpoint between the lower curvature of the last fixed rib and the superior curvature of the iliac crest, with the adolescents standing and with their arms alongside the body, feet together, and abdomen relaxed (17). The WC was categorized into quartiles for sex and age in adolescents with a normal BMI.

BP was measured and classified according to the Fourth Diagnosis, Evaluation (23), and High Blood Pressure Treatment in Children and Adolescents, which considers sex, height, and age. A digital monitor (Omron 705-IT) validated for use

in adolescents was used with a cuff appropriate for the arm perimeter of the right arm. The students were seated with their feet flat on the floor. Three measurements were obtained at 3-minute intervals, using the average of the last two measurements. According to the proposed classification, adolescents are considered normotensive when BP is below 90 percentile; pre-hypertensive (normal-elevated BP) when BP is between the 90th and the 95th percentiles; and hypertensive when BP is equal or above 95th percentile. In the present study, BP values  $\geq$  90th percentile were defined as "elevated BP".

### **Statistical analysis**

For each sex and age (12 to 17 years), restricted to adolescents with adequate nutritional status, the quartiles of the WC measures were calculated. Thereafter, the adolescents were classified into one of the quartiles according to their age and sex. Age was analyzed in two aged - groups, 12-14 years and 15-17 years, due to the homogeneity in anthropometric and blood pressure parameters in each age group.

The association between WC and BP, considering two BP levels (normal and elevated), was analyzed by adjusting the Poisson Regression model, estimating the prevalence ratio (PR) and the respective 95% confidence intervals. All analyses were performed considering the complex sampling design. Data were analyzed using the Stata/SE v.14.1 survey module (StataCorp LP, US). In addition to the natural weights of the sample design, post-stratification estimators that modified natural weights by calibration factors were used. Those calibration factors were obtained by dividing population totals by totals estimated by natural weights for the post-strata, defined as 12 estimation domains, corresponding to age and sex combinations, considering the population data of adolescents enrolled in all schools). P values of  $<0.05$  were considered to indicate statistical significance.

## **RESULTS**

### **Sample characteristics**

Complete data on anthropometry and BP were obtained from 73,399 students out of a total of 102,327 eligible individuals between the ages of 12 and 17 years, of whom 53,308 had a normal BMI. A total of 2,159 (2.94%) students were excluded for being underweight and 17,932 (24.4%) for presenting excess weight (overweight:

12,292, 16.8%; obesity: 5,640, 7.7%). The mean age was 14.9 years, and 29,995 (56.3%) were girls; further, approximately 84% were public school students, reflecting the source population distribution.

The estimated prevalence of elevated BP in the sample was 18.0% (95%CI 17.0 -19.2), of these, pre-hypertensive were 11.7% (95%CI 11.0 – 12.5%) and hypertensive 6.3% (95%CI 5.7 – 7.1%). The distribution of BMI, WC, and the prevalence of elevated BP by sex and age are presented in table 1. The means of BMI and the prevalence of elevated BP increase with age in both sex and males have higher WC means and elevated BP prevalence.

**Table 1** – Means of body mass index and waist circumference and prevalence of elevated blood pressure and 95% confidence intervals in adolescents with adequate BMI.

Sex	Age group (years)	N	BMI Mean (95%CI)	WC Mean (95%CI)	Elevated BP% (95%CI)
Female	12-14	18,497	19.0 (18.9-19.1)	65.4 (65.2-67.7)	10.1 (9.0-11.3)
	15-17	22,178	20.3 (20.1-20.4)	68.4 (68.2-68.7)	12.7 (11.1-14.6)
	All	40,675	19.6 (19.6-19.7)	66.9 (66.8-67.1)	11.4 (10.3-12.6)
Male	12-14	15,178	18.3 (18.2-18.4)	66.0 (65.8-66.3)	15.2 (13.9-16.8)
	15-17	17,546	20.2 (20.1- 20.2)	71.0 (70.9-71.4)	34.8 (32.6-37.1)
	All	32,724	19.2 (19.2- 19.3)	68.5 (68.3-68.7)	24.8 (23.3-26.4)

BMI, Body Mass Index; WC, Waist Circumference; BP, Blood Pressure; CI, Confidence Interval

### Association between WC and BP

Among the students with an adequate BMI, the association between WC and BP was dependent on age and sex. Considering the first quartile as a reference for both, boys and girls, the prevalence of elevated BP was higher in the largest WC quartiles for each defined stratum. For the adolescent girls aged between 12 and 14

years, the prevalence of elevated BP in Q4 of WC was more than two times higher than that in Q1. Moreover, the prevalence was almost three times higher among those aged between 15 and 17 years. Similarly, the boys aged 12 to 14 years in Q4 had a twice higher prevalence of elevated BP, whereas those aged 15 to 17 years had a 2.5 times higher prevalence (Table 2).

It is possible to observe an increasing tendency into quartiles for both sexes in all defined age strata. Although the association between WC and BP is stronger for the older boys, there is also a significant gradient observed for girls.

**Table 2** - Elevated blood pressure prevalence according to quartile of waist circumference by sex and age - group.

Sex	Age group (years)	Waist circumference Cut-off point (cm)	Prevalence of elevated BP (95% CI)	p-value*	PR (95%CI)*
Female	12 to 14	1st quartile (<61.9) (ref)	7.3 (5.5–9.6)		-
		2nd quartile ( $\geq$ 61.9; <65.2)	8.4 (6.4–10.9)	0.520	1.15 (0.75 – 1.76)
		3rd quartile ( $\geq$ 65.2; <68.9)	9.5 (7.8–11.5)	0.137	1.30 (0.92 – 1.82)
		4th quartile ( $\geq$ 68.9)	15.2 (11.8–19.3)	0.001	2.07 (1.33 – 3.23)
	15 to 17	1st quartile (<64.6) (ref)	6.9 (5.7–8.4)		-
		2nd quartile ( $\geq$ 64.6; < 68.0)	11.8 (8.7–15.8)	0.003	1.71 (1.20 – 2.44)
		3rd quartile ( $\geq$ 68.0; <71.8)	12.6 (10.0–15.7)	<0.001	1.83 (1.38 – 2.43)
		4th quartile ( $\geq$ 71.8)	19.5 (15.8–23.9)	<0.001	2.83 (2.20 – 3.65)
Male	12 to 14	1st quartile (<62.8) (ref)	10.0 (7.8–12.7)		-
		2nd quartile ( $\geq$ 62.8; <66.2)	14.8 (9.8–21.7)	0.142	1.49 (0.88 – 2.53)
		3rd quartile ( $\geq$ 66.2; <69.5)	14.6 (12.4–17.2)	0.021	1.46 (1.06 – 2.03)
		4th quartile ( $\geq$ 69.5)	21.4 (18.4–24.8)	<0.001	2.15 (1.61 – 2.86)
	15 to 17	1st quartile (<67.7) (ref)	18.9 (15.9–22.2)		-
		2nd quartile ( $\geq$ 67.7; <70.6)	29.3 (25.2–33.9)	<0.001	1.56 (1.25 – 1.93)
		3rd quartile ( $\geq$ 70.6; <74.0)	41.4 (37.6–45.3)	<0.001	2.19 (1.81 – 2.66)
		4th quartile ( $\geq$ 74.0)	49.6 (46.5–52.8)	<0.001	2.63 (2.18 – 3.17)

BP, blood pressure; PR, prevalence ratio; CI, confidence interval

## DISCUSSION

The correlation between excess of weight, evaluated by BMI, and elevation of blood pressure is well known, but the role of other anthropometric measures to identify individuals at risk when BMI is normal has been poorly explored so far. In this study, we demonstrated in a large population of adolescents between 12 and 17 years old within the normal range of BMI that increased WC is associated with a higher prevalence of elevated BP. This is a novel finding with clinical implication for the screening of elevated blood pressure among adolescents, especially considering the growing prevalence of hypertension worldwide (24).

The prevalence of high blood pressure among adolescents is increasing (3). In our study, the prevalence of elevated BP was compatible with recent reports which grouped pre-hypertensive and hypertensive status in the analysis (25, 26); and also with the total population of ERICA study, in which 14,5% pre-hypertensive and 9,6% hypertensive adolescents were identified, aiming total prevalence of elevated BP of 24,1% (14). Despite that, it is a not common practice to screen for hypertension among children and adolescents routinely (27). Many countries and organizations have established their own BP reference values (28), without a consensus, making hypertension identification even more difficult. In fact, recommendation of screening for hypertension is insufficient (29), and is currently under review. At the present, only the evaluation of BP in individuals above the age of 18 years is recommended (30). Our results reinforce the need for screening, indicating that WC is a valuable marker to help in the identification of those at risk for hypertension, even when BMI is normal.

BMI and WC are both indicators of adiposity that correlate with hypertension in the general population (27, 31-32). In adults, WC is a reliable marker of abdominal fat as demonstrated by imaging methods and is an independent and well-established risk factor for CVDs (33). WC is also considered a predictor of visceral adiposity and hypertension in the young population (27, 31). Data describing noninvasive biomarkers for use in screening of adolescents and young adults are limited (13). When comparing anthropometric measurements and abdominal fat assessment using imaging methods for children and adolescents, WC shows a better correlation with visceral adiposity than other anthropometric parameters, although only a few studies have proposed this analysis (34). In obese Mexican adolescents, the waist-to-hip ratio was superior in identifying cardio-metabolic risk factors (35) but in larger samples, BMI and WC performed better (27, 36). Recently, neck and wrist circumferences have emerged as useful measures in demonstrating the central distribution of fat; however, they could

only serve as an alternative, as the predictive potential is still undetermined (37, 38). There is a criticism regarding WC in that it does not allow the quantification of adipose tissues, nor does it distinguish visceral fat from subcutaneous fat. Also, there is no standardized method for measuring WC or defined reference values for children and adolescents (37, 39).

Although our study has the strength of a very large sample, it has also some limitations. Similar to several studies that analyzed anthropometric measures and associated factors in children and adolescents, this is a cross-sectional study that does not allow clinical diagnosis of hypertension to be established. Also, BP levels were obtained at a single visit, which may overestimate elevated BP prevalence. However, because of the young age of the study population it is unlikely that the association observed is due to reverse causality or survival bias, two important problems related to inference in cross-sectional studies. The categorization of the waist perimeter per quartile minimizes measurement variation problems, since no cutoff values are defined for this population. Besides that, we were able to evaluate the WC independent of BMI.

## **CONCLUSION**

We have demonstrated that even in adolescents with a normal BMI, increased WC is strongly associated with elevated BP. Our findings reinforce the need of assessment of blood pressure in adolescents, and evaluation of obesity in this population shall not be restricted to BMI assessment, but also WC. Moreover, definition of cut-off points for WC in adolescents would facilitate its use in clinical practice.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The authors appreciate the efforts of the research team members and participants. KUSCHNIR MCC and BLOCH KV were in the Central Coordination of the Study of Cardiovascular Risk in Adolescents – ERICA. They helped complementing the analysis of this research and reviewing the final article. OLANDOSKI M did the statistical analysis of this research. KAESTNER TLL, ABREU GA and BAENA CP have participated in the literature review and correction of the final article. PAZIN DC was involved with the whole execution of this article, which is part of her doctoral thesis. She executed: literature review, data analysis and article production. Finally, the prior review

was conducted for the advisor FARIA-NETO JR, with final review, approval and general supervision.

## FUNDING

The Study of Cardiovascular Risk in Adolescent – ERICA - was supported by the Brazilian Ministry of Health.

## REFERENCES

1. Danaei G, Singh GM, Paciorek CJ, Lin JK, Cowan MJ, Finucane MM, et al. The global cardiovascular risk transition: associations of four metabolic risk factors with national income, urbanization, and Western diet in 1980 and 2008. *Circulation*. 2013;127(14):1493-502, 502e1-8.
2. Kalantari S, Khalili D, Asgari S, Fahimfar N, Hadaegh F, Tohidi M, et al. Predictors of early adulthood hypertension during adolescence: a population-based cohort study. *BMC Public Health*. 2017;17(25):915.
3. Benmohammed K, Valensi P, Nguyen MT, Benmohammed F, Benlatreche M, Benembarek K, et al. Influence of waist circumference on blood pressure status in non-obese adolescents. *International Journal of Adolescent Medicine and Health*. 2018.
4. Ghomari-Boukhatem H, Bouchouicha A, Mekki K, Chenni K, Belhadj M, Bouchenak M. Blood pressure, dyslipidemia and inflammatory factors are related to body mass index in scholar adolescents. *Archives of Medical Science*. 2017;13(25):46-52.
5. Olshansky SJ, Passaro DJ, Hershow RC, Layden J, Carnes BA, Brody J, et al. A potential decline in life expectancy in the United States in the 21st century. *New England Journal of Medicine*. 2005;352(11):1138-45.
6. Lobstein T, Baur L, Uauy R, TaskForce IIO. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obesity Reviews*. 2004;5 Suppl 1:4-104.
7. Freedman DS, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS. The relation of overweight to cardiovascular risk factors among children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*. 1999;103(25):1175-82.
8. Prentice AM, Jebb SA. Beyond body mass index. *Obesity Reviews*. 2001;2(3):141-7.
9. Iampolsky MN, Souza FISd, Sarni ROS. Influência do índice de massa corporal e da circunferência abdominal na pressão arterial sistêmica de crianças. *Revista Paulista de Pediatria*. 2010;28(25):181-7.

10. Weber DR, Katz LEL, Zemel BS, Gallagher PR, Murphy KM, Dumser SM, et al. Anthropometric measures of abdominal adiposity for the identification of cardiometabolic risk factors in adolescents. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2014;103(3):e14-e7.
11. Pazin DC, Rosaneli CF, Olandoski M, Oliveira ERNd, Baena CP, Figueredo AS, 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*. 2017(AHEAD).
12. Qorbani M, Kelishadi R, Farrokhi-Khajeh-Pasha Y, Motlagh M, Aminae T, Ardalan G, 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*. 2013;6(5):483-92.
13. Arnold TJ, Schweitzer A, Hoffman HJ, Onyewu C, Hurtado ME, Hoffman EP, 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*. 2014;114(25):107-16.
14. Bloch KV, Klein CH, Szklo M, Kuschnir MCC, de Azevedo Abreu G, Barufaldi LA, et al. ERICA: prevalências de hipertensão arterial e obesidade em adolescentes brasileiros. *Revista de Saúde Pública*. 2016;50 Suppl 1:9.
15. Barufaldi LA, Abreu Gde A, Oliveira JS, dos Santos DF, Fujimori E, Vasconcelos SM, et al. ERICA: prevalence of healthy eating habits among Brazilian adolescents. *Revista de Saude Publica*. 2016;50 Suppl 1:6s.
16. Faria Neto JR, Bento VF, Baena CP, Olandoski M, Goncalves LG, Abreu Gde A, et al. ERICA: prevalence of dyslipidemia in Brazilian adolescents. *Revista de Saude Publica*. 2016;50 Suppl 1:10s.
17. Kuschnir MC, Bloch KV, Szklo M, Klein CH, Barufaldi LA, Abreu Gde A, et al. ERICA: prevalence of metabolic syndrome in Brazilian adolescents. *Revista de Saude Publica*. 2016;50 Suppl 1:11s.
18. Bloch KV, Szklo M, Kuschnir MC, Abreu Gde A, Barufaldi LA, Klein CH, et al. The Study of Cardiovascular Risk in Adolescents--ERICA: rationale, design and sample characteristics of a national survey examining cardiovascular risk factor profile in Brazilian adolescents. *BMC Public Health*. 2015;15:94.
19. Vasconcellos MT, Silva PL, Szklo M, Kuschnir MC, Klein CH, Abreu Gde A, et al. Sampling design for the Study of Cardiovascular Risks in Adolescents. *Cadernos de Saude Publica*. 2015;31:921-30.

20. Habicht JP. Standardization of quantitative epidemiological methods in the field. *Bol Oficina Sanit Panam*. 1974;76(5):375–84.
21. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320(7244):1240-3.
22. Onis Md, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bulletin of the World Health Organization*. 2007;85:660-7.
23. Falkner, B. and S.R. Daniels, Summary of the Fourth Report on the Diagnosis, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure in Children and Adolescents. *Hypertension*, 2004. 44(4): p. 387-388.
24. Mills KT, Bundy JD, Kelly TN, Reed JE, Kearney PM, Reynolds K, et al. Global Disparities of Hypertension Prevalence and Control. *Circulation*. 2016;134(25):441-50.
25. Kuciene R, Dulskiene V. Associations between body mass index, waist circumference, waist-to-height ratio, and high blood pressure among adolescents: a cross-sectional study. *Scientific Reports*. 2019;9(25):9493.
26. Fan Z, Liao Z, Zong X, Zhang S. Differences in prevalence of prehypertension and hypertension in children and adolescents in the eastern, central and western regions of China from 1991-2011 and the associated risk factors. *PLOS ONE*. 2019;14(25):e0210591.
27. Cheah WL, Chang CT, Hazmi H, Kho GWF. Using anthropometric indicator to identify hypertension in adolescents: a study in Sarawak, Malaysia. *International Journal of Hypertension*. 2018;2018.
28. Dong Y, Song Y, Zou Z, Ma J, Dong B, Prochaska JJ. Updates to pediatric hypertension guidelines: influence on classification of high blood pressure in children and adolescents. *Journal of hypertension*. 2019;37(25):297-306.
29. Moyer VA. Screening for primary hypertension in children and adolescents: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *Annals of Internal Medicine*. 2013;159(9):613-9.
30. Siu AL. Screening for high blood pressure in adults: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *Annals of Internal Medicine*. 2015;163(10):778-86.

31. Zhang YX, Wang SR. The relationship of waist circumference distribution to blood pressure levels among children and adolescents in Shandong, China. *International Journal of Cardiology*. 2013;168(25):1516-20.
32. de Oliveira CM, Ulbrich AZ, Neves FS, Dias FAL, Horimoto ARVR, Krieger JE, et al. Association between anthropometric indicators of adiposity and hypertension in a Brazilian population: Baependi Heart Study. *PloS One*. 2017;12(10):e0185225.
33. Grundy SM, Neeland IJ, Turer AT, Vega GL. Waist circumference as measure of abdominal fat compartments. *Journal of Obesity*. 2013;2013:9.
34. Eloi JC, Epifanio M, de Gonçalves MM, Pellicoli A, Vieira PFG, Dias HB, 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*. 2017;12(25):e0167625.
35. Rodea-Montero ER, Evia-Viscarra ML, 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*. 2014;2014
36. Lu Y, Luo B, Xie J, Zhang X, Zhu H. Prevalence of hypertension and prehypertension and its association with anthropometrics among children: a cross-sectional survey in Tianjin, China. *Journal of Human Hypertension*. 2018:1.
37. Morais AA, Morais UAB, Soares MMS, Romano MCC, Lamounier JA. Neck circumference in adolescents and cardiometabolic risk: a systematic review. *Revista da Associação Médica Brasileira (1992)*. 2018;64(25):54-62.
38. Kelishadi R, Heidari-Beni M, Qorbani M, Motamed-Gorji N, Motlagh ME, Ziaodini H, et al. Association between neck and wrist circumferences and cardiometabolic risk in children and adolescents: the CASPIAN-V study. *Nutrition*. 2017;43:32-8.
39. Khadilkar A, Ekbote V, Chiplonkar S, Khadilkar V, Kajale N, Kulkarni S, et al. Waist circumference percentiles in 2-18 year old Indian children. *Journal of Pediatrics*. 2014;164(25):1358-62.

## 4.2

### **Association between anthropometric indicators and insulin resistance in Brazilian adolescents: data from The Study of Cardiovascular Risk Factors in Adolescents – ERICA**

Daiane Cristina Pazin<sup>1</sup>, Sandro Silva da Matta<sup>2</sup>, José Rocha Faria-Neto<sup>3</sup> and Katia Vergetti Bloch<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> School of Medicine, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Rua Imaculada Conceição, Curitiba/PR, BR

<sup>2</sup> Institute of Public Health Studies, Federal University of Rio de Janeiro, Avenida Horácio Macedo S/N, Rio de Janeiro, RJ, BR

<sup>3</sup> Center for Clinical and Epidemiological Research (EpiCenter), School of Medicine, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Rua Rockefeller, Curitiba/PR, BR

## INTRODUCTION

Chronic non-communicable diseases (NCD) are responsible for a significant proportion of mortality even in young and middle-aged adults, deserving priority in public health policies even in this age groups (1). Metabolic syndrome (MetS), hypertension, dyslipidemia, type 2 diabetes mellitus (T2DM), and obesity are cardiovascular (CV) risk factors that are increasingly present in childhood and adolescence (2,3); they correlate with each other, having insulin resistance (IR) as an underlying common factor (4).

The World Health Organization has described obesity as the worst non-infectious epidemic in history (5, 6). The accumulation of visceral fat is associated with a greater burden of risk factors and metabolic disorders, such as T2DM, the most prevalent metabolic disease in the world (7). The prevalence of IR and T2DM in children and adolescents has increased alongside obesity rates, with difficulty in determining global values, which vary widely with age, sex, ethnicity, and geographic region (8). In adults, the estimated global prevalence of T2DM in 2019 was 9.3%, and impaired glucose tolerance was 7.5%, with a prediction of an increase to 25% by 2030 (9). However, the understanding of the progression of obesity-associated IR to T2DM remains uncertain (7).

Anthropometric measures (AM) are recommended for the clinical and epidemiological assessment of obesity (2). Body mass index (BMI) is the most common measure to identify obese individuals, and it has become an universal tool (10,11). However, as abdominal adiposity is more related to the presence of CV risk factors, waist circumference (WC) has been identified as a better indicator of CV risk (12).

For adolescents, determination of the waist-to-height ratio (WHtR) emerged from the need to adjust the WC to the growth of children and adolescents (2), and it is used together with the conicity index (CI) and other measures under study related to a better estimation of the centripetal concentration of body fat. Despite that, there is still no consensus on which anthropometric index has the strongest correlation with risk status in children and adolescents. The identification of simple methods for the epidemiological screening of isolated and combined cardiometabolic risk factors in this population may indicate an effective strategy to reduce the incidence of cardiometabolic conditions (2). Thus, the aim of this study was to analyze the association of different anthropometric measures with IR in adolescents aged 12 to 17 years.

## **METHODS**

### ***Study Design and Sample***

Data from the Study of Cardiovascular Risks in Adolescents (ERICA) were analyzed. It is a cross-sectional and multicenter study, which evaluated the prevalence of CVRF in Brazilian adolescents students from public and private schools.

The sample was divided into 32 strata, consisting of the 27 capital of the federation units and five groups comprising the municipalities of each of the five macro-regions of the country, with more than 100,000 inhabitants. Thus, the sample has national and regional representativeness as well as for the capitals, including the Federal District. Conglomerates were selected at three levels: schools, a combination of year and shift, and classes. The sampling process is described in a previous publication (13,14).

The field team was previously trained by the central coordinator of study according to the study protocol. Manuals and videos were specially produced for training on anthropometric measurements, and the Habicht's method was used as a guide to assess inter- and intra-observer variability. Regular checks were carried out to control the quality of the collected data.

Data collection was done between March 2013 and December 2014. Adolescents between the ages of 12 and 17 years who attended 1,248 schools in 121 Brazilian cities were evaluated. Anthropometric and blood pressure assessments, 24-hour dietary recall, and biochemical tests were carried out, in addition to a self-administered questionnaire on sociodemographic and lifestyle characteristics.

### ***Exclusion criteria***

Pregnant adolescents, those with physical disabilities, and those without their signed free and informed consent form were excluded.

### ***Ethical Issues***

The study was conducted following the principles of the Helsinki Declaration and was approved by the Research Ethics Committees of the institution on central coordination of the study (IESC/UFRJ) and of each Brazilian state. Permission was also obtained from the education department in each location and schools, to conduct the research.

The signature of the informed consent form was obtained from the participants after a careful explanation of the study procedures; and from their parents for those invited to have their blood samples drawn (those scheduled for morning shift), or when it was required by the local ethics committees. The privacy and confidentiality of student information were guaranteed during the study.

### ***Data collection***

Weight was evaluated using an electronic scale of the Leader model P200M with a capacity of up to 200 kg and a variation of 50 g. Height was measured twice, using a portable Height Exact stadiometer with a variation of 0.1 cm, considering the average of the two values obtained, provided the measurements did not differ by more than 1 cm (15). Weight and height measurements were used to classify weight status from the calculation of BMI (weight/height<sup>2</sup>), and the BMI curves proposed by WHO specific for age and sex were used (16). The CI was calculated as follows:  $CI = \text{Waist circumference} \div [0.109 \times \sqrt{(\text{body weight} \div \text{height})}]$  (17), with WC and height in meters. Values close to 1.00 and 1.73 indicated low and high risks, respectively (18).

The WC was measured with an inextensible anthropometric tape from the Sanny brand, with a variation of 0.1 cm, at the midpoint between the lower curvature of the last fixed rib and the upper curvature of the iliac crest with the adolescent standing, arms along the body, feet together and relaxed abdomen (19). Likewise, the arm perimeter (AP) was measured using the midpoint between the lateral margin of the acromion and the olecranon as reference. The waist-to-height ratio (WHtR) was calculated by dividing the WC by the height measurement, with WHtR values above 0.50, suggesting a risk of developing cardiovascular diseases in individuals of both sexes starting from the age of 6 years (20).

The analysis of biochemical parameters, glucose, insulin, lipid profile and glycated hemoglobin (HbA1c) followed a standardized research protocol, using a single reference laboratory, where all the analyses of the study were centralized, with the support of local partner laboratories that managed the sample collection (21). The adolescents were instructed to fast for 12 hours before sample collection. Fasting glycemia was assessed using the hexokinase method, HbA1c was analyzed by high performance liquid chromatography (Tosoh G7 HPLC), and insulin was analyzed using the chemiluminescence method. To calculate the homeostatic model assessment of insulin

resistance (HOMA-IR) levels, the formula represented by  $\text{HOMA-IR} = (\text{fasting insulin} \times \text{fasting glycemia}) / 22.5$  was used (22).

To calculate the homeostatic model assessment of insulin resistance (HOMA-IR) levels, the formula represented by  $\text{HOMA-IR} = (\text{fasting insulin} \times \text{fasting glycemia}) / 22.5$  was used (22). The cut-off points used were 2.80 in the general population, 2.32 for girls, and 2.87 for boys. These cut-off points were those with the largest areas under the ROC curves when the association of HOMA-IR with MetS in Brazilian adolescents was analyzed. The areas under the ROC curves were 0.8417, 0.8333, and 0.8529 in the total sample, in girls, and in boys, respectively (23).

To assess central obesity, WC, CI and WHtR were used. To assess peripheral and general obesity, PA and BMI were used, respectively.

### ***Statistical analysis***

The means and 95% confidence intervals (95% CI) of AM, were estimated, by sex and age, and AM were categorized by quartiles. The prevalence of IR was estimated for each AM according to their quartiles, by sex and age.

The associations between AM and HOMA-IR were analyzed by estimating the prevalence ratios with Poisson models and investigating age and sex as possible confounders or effect modifiers.

The role of AM, as mediators of the association of BMI with IR, was assessed by adjusting the prevalence ratios for each AM. The interaction of BMI with each AM was assessed by combining excess weight (overweight + obesity) and adequate weight with an AM value  $<$  or  $\geq p90$ . Four categories were obtained for each AM, with the reference category for BMI, the appropriate weight, and the lowest quartile for AM. Then, multiplicative and additive interaction comparing observed and expected joint effects, were assessed.

All analyses were performed considering the complex sampling design of the study described above(13). Values of  $p < 0.05$  indicated statistical significance. The data were analyzed using the survey module of the Stata/SE v.14.1 statistical program. StataCorpLP, USA.

## RESULTS

Biochemical samples were obtained from 37,892 adolescents. Table 1 presents the sociodemographic characteristics of the sample evaluated. Most students were from public schools.

Table 1 - Characteristics of the sample of Erica's adolescents.

Characteristics	Number	%
<b>Sex</b>		
Female	22.729	60,0
Male	15.163	40,0
<b>School Type</b>		
Public school	28.044	74,0
Private school	9.848	26,0
<b>Age</b>		
12 to 14 years	17.361	45,8
15 to 17 years	20.531	54,2
<b>Skin color</b>		
White	13.498	35,6
Black	2.712	7,2
Brown	19.632	51,8
Yellow	934	2,5
Indigenous	258	0,7
Don't know or prefer not to answer	858	2,3
<b>Body mass index</b>		
Very low weight	113	0,3
Light weight	899	2,4
Adequate weight	27.116	71,6
Overweight	6.656	17,6
Obesity	3.108	8,2

Classification of Weight Status according to BMI for age, using Z-score (WHO, 2007)

Table 2 shows the means and confidence intervals of the AM and HOMA-IR, by sex and age, in addition to the measurement of glucose, HbA1c, and insulin. There was no statistical difference in BMI between the age groups of girls and boys, or by sex. The anthropometric measures WC, CI, and AP showed higher averages for the boys. On the

contrary, for the biochemical indicators, the highest values for HOMA-IR and insulin were found in girls, while glucose and HbA1c had higher values in boys than in girls.

Table 2 - Mean AM and biochemical parameters by sex and age group, and their 95% confidence intervals (95% CI)

VARIABLE	GENERAL TOTAL N=37.892	FEMALE TOTAL N=22.729	MALE TOTAL N=15.163	AGE 12 TO 14 YEARS		AGE 15 TO 17 YEARS	
				FEMALE N=10.258	MALE N=7.103	FEMALE N=12.471	MALE N=8.060
Weight	57,6 57,2 – 58,1	55,3 54,7 – 55,9	60,0 59,4 – 60,6	52,9 52,4 – 53,5	53,9 53,1 – 54,8	57,3 56,4 – 58,3	65,3 64,6 – 66,1
Height	163,5 163,3 – 163,7	159,6 159,4 – 159,8	167,5 167,2 – 167,8	158,2 158,0 – 158,4	161,8 161,4 – 162,3	160,8 160,5 – 161,2	172,5 172,1 – 172,9
BMI	21,4 21,3 – 21,5	21,6 21,4 – 21,8	21,2 21,0 – 21,4	21,1 20,9 – 21,2	20,4 20,1 – 20,7	22,1 21,8 – 22,4	21,9 21,7 – 22,1
WC	72,2 71,8 – 72,6	71,1 70,6 – 71,5	73,4 72,8 – 73,9	69,9 69,4 – 70,4	71,2 70,4 – 72,1	72,0 71,4 – 72,7	75,3 74,7 – 75,8
WHtR	0,44 0,44 – 0,44	0,45 0,44 – 0,45	0,44 0,44 – 0,44	0,44 0,44 – 0,44	0,44 0,44 – 0,45	0,45 0,44 – 0,45	0,44 0,43 – 0,44
CI	1,12 1,12 – 1,13	1,11 1,11 – 1,12	1,13 1,13 – 1,14	1,11 1,11 – 1,12	1,14 1,13 – 1,15	1,11 1,11 – 1,11	1,13 1,12 – 1,13
AP	25,5 25,4 – 25,6	25,2 25,1 – 25,4	25,8 25,6 – 25,9	24,7 24,6 – 24,9	24,5 24,3 – 24,7	25,6 25,4 – 25,9	26,9 26,7 – 27,0
HOMA-IR	2,05 1,98 – 2,12	2,21 2,11 – 2,31	1,89 1,82 – 1,95	2,34 2,25 – 2,43	1,99 1,89 – 2,09	2,10 1,96 – 2,25	1,79 1,72 – 1,87
Glucose	86,36 85,94 – 86,77	85,10 84,63 – 85,59	87,61 87,17 – 88,06	86,03 85,51 – 86,55	88,40 87,97 – 88,84	84,31 83,60 – 85,0 2	86,91 86,23 – 87,60
HbA1c	5,38 5,37 – 5,40	5,36 5,34 – 5,38	5,41 5,39 – 5,43	5,39 5,36 – 5,41	5,45 5,43 – 5,46	5,34 5,32 – 5,36	5,38 5,35 – 5,41
Insulin	9,47 9,17 – 9,77	10,33 9,89 – 10,77	8,60 8,31 – 8,90	10,82 10,41 – 11,24	9,03 8,60 – 9,46	9,91 9,30 – 10,52	8,23 7,90 – 8,55

N - Sample size obtained from an estimated population of 6,628,961 adolescents; BMI ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ) - body mass index; WC (cm) - waist circumference; WHtR - waist-to-height ratio; CI - conicity

index; AP (cm) – arm perimeter; HOMA-IR - homeostatic model assessment-insulin resistance; Glucose (mg/dL) (mmol/l); HbA1c - glycosylated hemoglobin; insulin (mU/L).

In figure 1, there is an increasing tendency of IR prevalence with an increase in the quartile for each AM analyzed for both sexes, being more accentuated from Q3 to Q4.

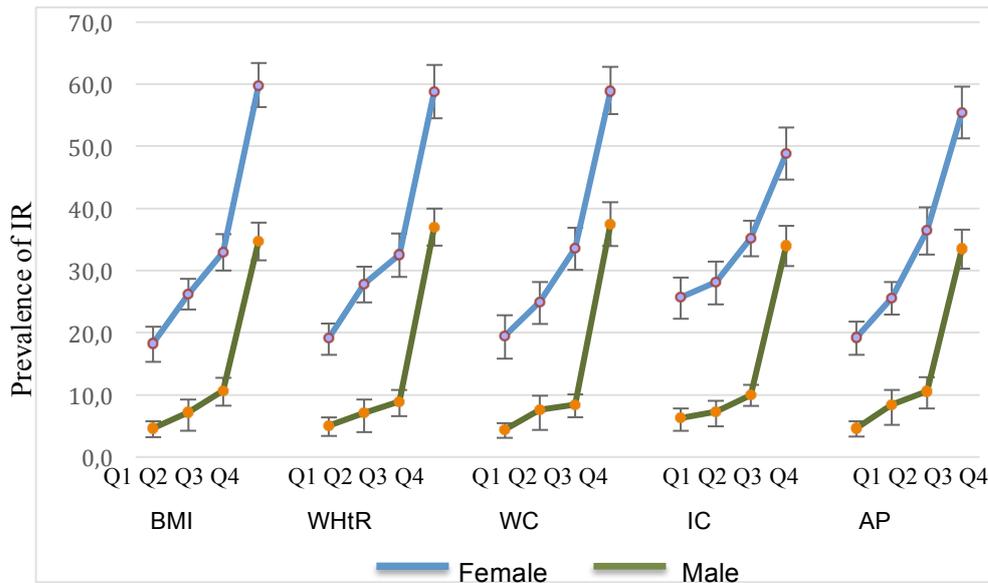


Figure 1 - Prevalence of Insulin Resistance (HOMA-IR  $\geq$  2.32 for girls and  $\geq$  2.87 for boys), by Anthropometric Measures and Sex. Q1–Q4 = first to the fourth quartile. BMI: body mass index; WHtR: waist-to-height ratio; WC: waist circumference; CI: conicity index; AP: arm perimeter.

The prevalence ratios (PR) of IR by BMI range adjusted for each AM and age, by sex, showed higher prevalence in the overweight and obesity ranges, compared to that of adequate weight, even after adjusting for each AM in both sexes. The impact of the adjustment is more significant when combined with the WC and the WHtR than with the CI and the AP (table 3).

Table 3 - Prevalence ratios of insulin resistance by weight status (adequate weight as reference) adjusted for each anthropometric measures and age.

Adjustment	Weight Status	Female		Male	
		PR	CI 95%	PR	CI 95%
<b>Age</b>	Adequate	1,0		1,0	
	Overweight	1,9	1,7 - 2,0	3,0	2,4 - 3,8
	Obesity	2,9	2,7 - 3,1	7,3	5,8 - 9,2
<b>Age +WC</b>					
	Overweight	1,3	1,2 - 1,5	1,7	1,3 - 2,2
	Obesity	1,4	1,1 - 1,7	1,9	1,2 - 2,9
<b>Age +WHtR</b>					
	Overweight	1,4	1,2 - 1,5	1,8	1,4 - 2,3
	Obesity	1,5	1,3 - 1,8	2,2	1,5 - 3,3
<b>Age +CI</b>					
	Overweight	1,8	1,6 - 1,9	2,4	1,9 - 3,1
	Obesity	2,5	2,3 - 2,8	4,2	3,1 - 5,7
<b>Age +AP</b>					
	Overweight	1,5	1,4 - 1,7	2,3	1,8 - 2,9
	Obesity	2,0	1,7 - 2,3	4,4	3,1 - 6,1

Insulin Resistance = HOMA-IR  $\geq 2.32$  for girls and  $\geq 2.87$  for boys; PR = prevalence ratios; 95% CI: 95% confidence intervals.

Classification of Weight Status according to BMI for age, using Z-score (WHO, 2007) - WHtR: Waist-to-height ratio; WC: waist circumference; CI: conicity index; AP: arm perimeter.

When analyzing the association between BMI and each AM with IR (table 4); for girls, the WC and the WHtR presented a negative multiplicative and additive interaction with excess weight; while for boys, WC and WHtR had positive multiplicative and additive interactions, which demonstrates that the combined effect of these measures is greater than their individual effects, and the combined effect of these measures with the effect of BMI is less than their individual effects for girls. AP had positive multiplicative and additive interactions for both girls and boys. The CI did not interact with BMI in girls. For boys, the multiplicative interaction was negative and the additive was positive. The effect of BMI on IR is partly due to the interaction of BMI with these measures.

Table 4 – Insulin resistance prevalence ratios by combining the presence or absence of excess body weight and the 90<sup>th</sup> percentile of the anthropometric measures, according to sex.

AM	EBW + p90 AM	Female		Male	
		PR <sub>IR</sub>	CI 95%	PR <sub>IR</sub>	CI 95%
WC					
	Adequate-High	2,4	1,5 - 3,8	1,0	0,2 - 5,1
	High-Adequate	1,8	1,6 - 1,9	2,6	2,1 - 3,3
	High-High	2,9	2,7 - 3,2	7,9	6,3 - 9,8
WHtR					
	Adequate-High	2,8	2,0 - 3,8	0,9	0,2 - 4,0
	High-Adequate	1,8	1,7 - 2,0	2,7	2,2 - 3,4
	High-High	2,8	2,6 - 3,1	7,7	6,1 - 9,6
CI					
	Adequate-High	1,6	1,3 - 2,1	2,6	1,1 - 6,4
	High-Adequate	2,1	1,9 - 2,2	3,5	2,7 - 4,4
	High-High	2,9	2,7 - 3,2	8,1	6,4 - 10,1
AP					

Adequate-High	0,3	0,1 - 0,8	0,2	0,1 - 0,6
High-Adequate	1,9	1,8 - 2,1	3,5	2,8 - 4,4
High-High	2,7	2,4 - 2,9	6,4	5,0 - 8,2

IR = HOMA-IR  $\geq 2.32$  for girls and  $\geq 2.87$  for boys; PR = prevalence ratios; 95% CI: 95% confidence intervals. EBW: excess body weight (overweight + obesity by the Classification of Weight Status according to BMI for age, using Z-score (WHO, 2007). AM: anthropometric indicator; p90: 90th percentile; WC: waist circumference; WHtR: waist-to-height ratio; CI: conicity index; AP: arm perimeter.

## DISCUSSION

IR is present in many obese children and adolescents, and it indicates a risk for the occurrence of metabolic disorders and CVD mortality in adults (24-26). It is known that the distribution of body fat, as assessed by anthropometry, contributes significantly and independently to the prediction of CV risk factors, especially in overweight children (27,28). Thus, other AM have been analyzed, associated or not with changes in BMI, in the search for the best tool for clinical practice (29), since the use of other measures in the young population remains quite controversial (27). This study showed that the main AM are associated with IR, directly with HOMA-IR, and these associations were observed in the presence of adjusted BMI, but also independently.

Most pediatric patients diagnosed with diabetes are still classified as type 1; however, at least 50% of these patients under 18 years of age may have T2DM (30). The increase in adipose tissue, its accumulation and distribution (31,32), occurs from birth to adolescence in two main periods: early childhood and puberty (32), evidenced by imaging methods (33). There is a strong and independent association between the increased size of adipocytes and HOMA-IR (32). The hormonal maturation process and somatic growth differ between boys and girls, affecting, among other aspects, the pattern and amount of body fat distribution, muscle development, height increase, and sensitivity to insulin. Compensatory changes in insulin secretion decrease after Tanner stage 3, in both sexes (34), which is compatible with the increase in HOMA-IR, glucose, HbA1c, and insulin averages, from 12 to 14 years in both sexes, in our sample. Despite this, the screening recommendations in the pediatric population point only to the assessment of obesity (35), from the age of 6 years, with no formal guidance for screening diabetes in this age group, only for overweight adults, over 40 years old (36).

The AM most related to the accumulation of central fat seems to be the most appropriate to indicate IR; although traditional ones, such as BMI, are also correlated with HOMA-IR (28). WC is identified as an indicator with a better correlation with visceral adiposity (29,37) when compared to the imaging method, and is associated with insulin and HOMA-IR (38). However, other studies identified WHtR as the most effective predictor of MetS and CVR in adolescents (39), and a meta-analysis considered it better for its applicability and interpretation (40). There are also those who consider the combination of the AM as the best way to investigate the association with IR. Our results confirm the relationship of all AM with the prevalence of IR (2), and showed that, despite an adequate body weight, central obesity measures, such as WC and WHtR, are valuable in screening for CVRF.

Although our study had a large sample size to its advantage, it is a cross-sectional study, which generally requires caution when interpreting associations. Since the study population was adolescents, still with a low prevalence of clinical disease like T2DM (41), the possibility of survival bias or reverse causality is minimal.

## **CONCLUSION**

Anthropometric measures have a positive correlation with the prevalence of IR, and central obesity-related AM also correlates independently with IR, reinforcing the need to consider measures other than BMI for assessments and risk evaluation in adolescents.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The authors appreciate the efforts of the research team members and participants. BLOCH KV were in the Central Coordination of the Study of Cardiovascular Risk in Adolescents – ERICA. She did the statistical analysis of this research. PAZIN DC and DA MATTA S were involved with the whole execution of this article. They executed: literature review, data analysis and article production. The final review, approval and general supervision was conducted for FARIA-NETO JR and BLOCH KV.

## REFERENCES

1. Collaborators GCoD. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*. 2017;390:1151–210.
2. de Quadros TMB, Gordia AP, Andaki ACR, Mendes EL, Mota J, Silva LR. Utility of anthropometric indicators to screen for clustered cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2019;32:49-55.
3. Ekta G, Tulika MG. Risk factor distribution for cardiovascular diseases among high school boys and girls of urban Dibrugarh, Assam. *J Family Med Prim Care*. 2016;5:108-13.
4. Zimmet P. Addressing the insulin resistance syndrome: a role for the thiazolidinediones. *Trends Cardiovasc Med*. 2002;12(8):354-62.
5. 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. *The Lancet*. 2014;384(9945):766-81.
6. El Kabbaoui M, Chda A, Bousfiha A, Aarab L, Bencheikh R, Tazi A. Prevalence of and risk factors for overweight and obesity among adolescents in Morocco. *East Mediterr Health J*. 2018;24:512-21.
7. Esser N, Legrand-Poels S, Piette J, Scheen AJ, Paquot N. Inflammation as a link between obesity, metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract*. 2014;105:141-50.
8. Fazeli Farsani S, van der Aa MP, van der Vorst MM, Knibbe CA, de Boer A. Global trends in the incidence and prevalence of type 2 diabetes in children and adolescents: a systematic review and evaluation of methodological approaches. *Diabetologia*. 2013;56(7):1471-88.
9. Williams R, Karuranga S, Malanda B, Saeedi P, Basit A, Besancon S, et al. Global and regional estimates and projections of diabetes-related health expenditure: results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Res Clin Pract*. 2020;162:108072.

10. Chiolerio A, Paradis G, Maximova K, Burnier M, Bovet P. No use for waist-for-height ratio in addition to body mass index to identify children with elevated blood pressure. *Blood Press*. 2013;22:17-20.
11. Krakauer NY, Krakauer JC. Untangling waist circumference and hip circumference from body mass index with a body shape index, hip index, and anthropometric risk indicator. *Metab Syndr Relat Disord*. 2018;16(4):160-5.
12. Pazin DC, Rosaneli CF, Olandoski M, Oliveira ERNd, Baena CP, Figueredo AS, 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*. 2017(AHEAD).
13. Vasconcellos MT, Silva PL, Szklo M, Kuschnir MC, Klein CH, Abreu Gde A, et al. Sampling design for the Study of Cardiovascular Risks in Adolescents (ERICA). *Cad Saude Publica*. 2015;31(5):921-30.
14. Bloch KV, Szklo M, Kuschnir MC, Abreu Gde A, Barufaldi LA, Klein CH, et al. The Study of Cardiovascular Risk in Adolescents--ERICA: rationale, design and sample characteristics of a national survey examining cardiovascular risk factor profile in Brazilian adolescents. *BMC Public Health*. 2015;15:94.
15. Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual. 1988.
16. Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson AA. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ*. 2007;335(7612):194.
17. Valdez R. A simple model-based index of abdominal adiposity. *J Clin Epidemiol*. 1991;44(9):955-6.
18. Valdez R, Seidell JC, Ahn YI, Weiss KM. A new index of abdominal adiposity as an indicator of risk for cardiovascular disease. A cross-population study. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1993;17:77-82.
19. Kuschnir MC, Bloch KV, Szklo M, Klein CH, Barufaldi LA, Abreu Gde A, et al. ERICA: prevalence of metabolic syndrome in Brazilian adolescents. *Rev Saude Publica*. 2016;50 Suppl 1:11s.
20. Ashwell M, Cole TJ, Dixon AK. Ratio of waist circumference to height is strong predictor of intra-abdominal fat. *BMJ*. 1996;313(7056):559-60.

21. Cureau FV, Bloch KV, Henz A, Schaan CW, Klein CH, Oliveira CLd, et al. Challenges for conducting blood collection and biochemical analysis in a large multicenter school-based study with adolescents: lessons from ERICA in Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*. 2017;33.
22. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985;28(7):412-9.
23. Chissini RBC, Kuschnir MC, Oliveira CL, Giannini DT, Santos B. Cutoff values for HOMA-IR associated with metabolic syndrome in the Study of Cardiovascular Risk in Adolescents (ERICA Study). Chissini RBC, Kuschnir MCC, Oliveira CL, Giannini, DT, Santos B. *Nutrition*. 2020;71:110608.
24. Romualdo MCdS, Nóbrega FJd, Escrivão MAMS. Insulin resistance in obese children and adolescents. *Jornal de Pediatria*. 2014;90:600-7.
25. Freedman DS, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS. The relation of overweight to cardiovascular risk factors among children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*. 1999;103:1175-82.
26. Abiri B, Sarbakhsh P, Vafa M. Prevalence of overweight, obesity, and associated risk factors in healthy female adolescents in Tehran, Iran. *Cent Asian J Glob Health*. 2019;8:413.
27. Samouda H, de Beaufort C, Stranges S, Guinhouya BC, Gilson G, Hirsch M, et al. Adding anthropometric measures of regional adiposity to BMI improves prediction of cardiometabolic, inflammatory and adipokines profiles in youths: a cross-sectional study. *BMC Pediatr*. 2015;15:168.
28. Carneiro IBP, Sampaio HAdC, Carioca AAF, Pinto FJM, Damasceno NRT. Antigos e novos indicadores antropométricos como preditores de resistência à insulina em adolescentes. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*. 2014;58:838-43.
29. Velasquez-Rodriguez CM, Velasquez-Villa M, Gomez-Ocampo L, Bermudez-Cardona J. Abdominal obesity and low physical activity are associated with insulin resistance in overweight adolescents: a cross-sectional study. *BMC Pediatr*. 2014;14:258.
30. Rodbard HW. Diabetes screening, diagnosis, and therapy in pediatric patients with type 2 diabetes. *Medscape J Med*. 2008;10(8):184.

31. Gyllenhammer LE, Alderete TL, Toledo-Corral CM, Weigensberg M, Goran MI. Saturation of subcutaneous adipose tissue expansion and accumulation of ectopic fat associated with metabolic dysfunction during late and post-pubertal growth. *Int J Obes (Lond)*. 2016;40(4):601-6.
32. Landgraf K, Rockstroh D, Wagner IV, Weise S, Tauscher R, Schwartze JT, et al. Evidence of early alterations in adipose tissue biology and function and its association with obesity-related inflammation and insulin resistance in children. *Diabetes*. 2015;64(4):1249-61.
33. Goulding A, Taylor RW, Gold E, Lewis-Barned NJ. Regional body fat distribution in relation to pubertal stage: a dual-energy X-ray absorptiometry study of New Zealand girls and young women. *Am J Clin Nutr*. 1996;64(4):546-51.
34. Kelly LA, Lane CJ, Weigensberg MJ, Toledo-Corral CM, Goran MI. Pubertal changes of insulin sensitivity, acute insulin response, and beta-cell function in overweight Latino youth. *J Pediatr*. 2011;158(3):442-6.
35. Force USPST, Grossman DC, Bibbins-Domingo K, Curry SJ, Barry MJ, Davidson KW, et al. Screening for obesity in children and adolescents: US Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *JAMA*. 2017;317(23):2417-26.
36. Siu AL, Force USPST. Screening for abnormal blood glucose and type 2 diabetes mellitus: U.S. Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *Ann Intern Med*. 2015;163(11):861-8.
37. Schroder H, Ribas L, Koebnick C, Funtikova A, Gomez SF, Fito M, et al. Prevalence of abdominal obesity in Spanish children and adolescents. Do we need waist circumference measurements in pediatric practice? *PLoS One*. 2014;9:e87549-e.
38. Eloi JC, Epifanio M, de Gonçalves MM, Pelliccioli A, Vieira PFG, Dias HB, 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*. 2017;12:e0167625.
39. Oliveira-Santos J, Santos R, Moreira C, Abreu S, Lopes L, Agostinis-Sobrinho C, et al. Associations between anthropometric indicators in early life and low-grade inflammation, insulin resistance and lipid profile in adolescence. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2019;29(8):783-92.

40. Lo K, Wong M, Khalechelvam P, Tam W. Waist-to-height ratio, body mass index and waist circumference for screening paediatric cardio-metabolic risk factors: a meta-analysis. *Obes Rev.* 2016;17(12):1258-75.
41. Telo, GH; Cureau, FV; Szklo, M; Bloch, KV; Schaan, BD. Prevalence of type 2 diabetes among adolescents in Brazil: findings from Study of Cardiovascular Risk in Adolescents (ERICA). *Pediatric Diabetes.* 2019;20:389-396.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adolescência é uma fase bastante particular, tema das análises aqui realizadas, cuja principal característica é estar em transformação, e por isso representa um momento para oportunas intervenções. Essa população tem sido impactada pelas mudanças de hábitos, evolução tecnológica, transformações ambientais, além dos determinantes sociais de saúde, historicamente discutidos dentro das questões do processo saúde doença. Padrões de comportamento adquiridos nesse momento influenciarão todo o decorrer da vida do indivíduo, e terão impacto individual e coletivo. Não há consensos sobre os critérios mais adequados para abordagens em adolescentes, especialmente envolvendo doenças crônicas, tema ainda pouco discutido nessa faixa etária.

O Brasil é um país rico em formas de gerar informação, que é a ferramenta essencial para formulação de políticas públicas de saúde, e um dos principais componentes do diagnóstico da comunidade. No Brasil, a produção e a utilização de informações sobre saúde se processam em um contexto complexo de relações institucionais, compreendendo vários mecanismos de gestão e financiamento. Além das estruturas governamentais nos três níveis de gestão do Sistema Único de Saúde (SUS), estão envolvidos outros setores de governo que produzem informações relativas à saúde, instituições de ensino e pesquisa, associações técnico-científicas, agências não governamentais, organismos internacionais e instâncias de controle social. Nas últimas décadas, o Ministério da Saúde desenvolveu sistemas nacionais de informação sobre nascimentos, óbitos, doenças de notificação, atenção hospitalar, ambulatorial e básica, orçamento público em saúde e outros. Há ampla disponibilidade eletrônica desses dados, cada vez mais utilizados no ensino de saúde pública. Entretanto, persiste o desafio de melhor aproveitar essas informações na gestão do SUS(148).

A expansão da produção e do acesso aos dados não se faz acompanhar pelo desenvolvimento qualitativo dos sistemas de informação, enquanto faltam análises orientadas para subsidiar decisões políticas. Há indiscutível necessidade de melhorar a articulação das instituições atuantes na área de informações e de utilizar, de forma mais efetiva, a considerável massa crítica nacional de profissionais capacitados(148). Neste cenário, o ERICA representa um marco, cuja abrangência e representatividade permitiram análises inéditas sobre a população de adolescentes no país,

nacionalmente, reconhecendo as diferenças regionais.

A discussão sobre as DCNT e a mortalidade relacionada é frequente em todo o mundo. Anteriormente, um tema predominante da faixa etária adulta, que começou a ser discutido também para crianças e adolescentes. São fato as mudanças de estilo de vida relacionadas a este fenômeno, que vão além do envelhecimento populacional, um marco da transição epidemiológica. Entretanto, por mais conhecidos que alguns fatores sejam, ainda resta o desafio de quais as melhores estratégias para lidar com essa questão, e contribuir para a redução da morbidade e mortalidade que atinge os adultos cada vez mais jovens, devido a problemas que iniciam na infância e adolescência.

Apesar dos anos de estudo e análise sobre diversos indicadores antropométricos, é notável a grande discussão sobre quais deles são mais úteis para indicar RCV. Não há consenso, e ficam claras as conclusões discordantes a respeito do tema. Nossos achados reforçam as preocupações diante da epidemia da obesidade e de DCNT associadas, progredindo na população pediátrica. Entretanto, vão além identificando a presença de fatores de risco também em adolescentes com estado nutricional adequado, o que pode ser visto como alarmante, por se tratar de uma população jovem, ainda sem manifestações clínicas de doença cardiovascular ou renal, mas que levará a desfecho ruim já no adulto jovem. No artigo 1, fica clara a associação entre PC e PA elevada em adolescentes com estado nutricional adequado. No artigo 2, destaca-se principalmente a relação do PC e da RCE com o aumento da prevalência de resistência insulínica. Reforça-se, dessa maneira, a importância das medidas de obesidade central também em adolescentes.

Os resultados apontados e as potencialidades do seguimento longitudinal do ERICA propiciarão a formulação de políticas públicas para intervenções de estilo de vida, além de estratégias de prevenção, adequando a execução dessas estratégias ao território brasileiro, tão diverso.

## 5 REFERÊNCIAS

1. Danaei G, Singh GM, Paciorek CJ, Lin JK, Cowan MJ, Finucane MM, et al. The global cardiovascular risk transition: associations of four metabolic risk factors with national income, urbanization, and Western diet in 1980 and 2008. *Circulation*. 2013;127(14):1493-502, 502e1-8.
2. Kalantari S, Khalili D, Asgari S, Fahimfar N, Hadaegh F, Tohidi M, et al. Predictors of early adulthood hypertension during adolescence: a population-based cohort study. *BMC Public Health*. 2017;17(1):915.
3. Chung ST, Onuzuruike AU, Magge SN. Cardiometabolic risk in obese children. *Ann N Y Acad Sci*. 2018;1411(1):166-83.
4. Mills KT, Bundy JD, Kelly TN, Reed JE, Kearney PM, Reynolds K, et al. Global Disparities of Hypertension Prevalence and Control. *Circulation*. 2016;134:441-50.
5. Organization W. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. World Health Organization technical report series: 894, pp. i–xii, 1–253. 200.
6. Iampolsky MN, Souza FISd, Sarni ROS. Influência do índice de massa corporal e da circunferência abdominal na pressão arterial sistêmica de crianças. *Rev Paul Pediatr*. 2010;28(1):181-7.
7. Arnold TJ, Schweitzer A, Hoffman HJ, Onyewu C, Hurtado ME, Hoffman EP, et al. Neck and waist circumference biomarkers of cardiovascular risk in a cohort of predominantly African-American college students: a preliminary study. *J Acad Nutr Diet*. 2014;114(1):107-16.
8. Rodea-Montero ER, Evia-Viscarra ML, 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*. 2014;2014.
9. Lu Y, Luo B, Xie J, Zhang X, Zhu H. Prevalence of hypertension and prehypertension and its association with anthropometrics among children: a cross-sectional survey in Tianjin, China. *Journal of human hypertension*. 2018:1.
10. Cheah WL, Chang CT, Hazmi H, Kho GWF. Using Anthropometric Indicator to Identify Hypertension in Adolescents: A Study in Sarawak, Malaysia. *International Journal of Hypertension*. 2018;2018.
11. Morais AA, Morais UAB, Soares MMS, Romano MCC, Lamounier JA. Neck circumference in adolescents and cardiometabolic risk: A systematic review. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2018;64(1):54-62.
12. Kelishadi R, Heidari-Beni M, Qorbani M, Motamed-Gorji N, Motlagh ME, Ziaodini H, et al. Association between neck and wrist circumferences and cardiometabolic risk in children and adolescents: The CASPIAN-V study. *Nutrition*. 2017;43:32-8.
13. Zhang YX, Wang SR. The relationship of waist circumference distribution to blood pressure levels among children and adolescents in Shandong, China. *International journal of cardiology*. 2013;168(1):1516-20.

14. Khadilkar A, Ekbote V, Chiplonkar S, Khadilkar V, Kajale N, Kulkarni S, et al. Waist circumference percentiles in 2-18 year old Indian children. *The Journal of pediatrics*. 2014;164(1):1358-62. e2.
15. Pazin DC, da Luz Kaestner TL, Olandoski M, Baena CP, de Azevedo Abreu G, Kuschnir MCC, 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. *Glob Heart*. 2020;15(1):27.
16. Pazin DC, Rosaneli CF, Olandoski M, Oliveira ERNd, Baena CP, Figueredo AS, 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*. 2017(AHEAD).
17. Scliar M. História do conceito de saúde. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*. 2007;17:29-41.
18. Mendes EV. As redes de atenção à saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2010;15:2297-305.
19. Santosa A, Wall S, Fottrell E, Hogberg U, Byass P. The development and experience of epidemiological transition theory over four decades: a systematic review. *Glob Health Action*. 2014;7:23574.
20. Omran AR. The epidemiologic transition. A theory of the epidemiology of population change. *Milbank Mem Fund Q*. 1971;49(4):509-38.
21. Matta GC. A organização mundial da saúde: do controle de epidemias à luta pela hegemonia. *Trabalho, Educação e Saúde*. 2005;3:371-96.
22. Min J, Zhao Y, Slivka L, Wang Y. Double burden of diseases worldwide: coexistence of undernutrition and overnutrition-related non-communicable chronic diseases. *Obesity Reviews*. 2018;19(1):49-61.
23. IBGE IBdGeE-. Pesquisa nacional de saúde do escolar - PENSE. Rio de Janeiro 2015.
24. Collaborators GCoD. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*. 2017;390: 1151–210.
25. Morton S, Pencheon D, Squires N. Sustainable Development Goals (SDGs), and their implementation: A national global framework for health, development and equity needs a systems approach at every level. *Br Med Bull*. 2017;124(1):81-90.
26. Organization WH. World health statistics 2018: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Geneva: World Health Organization; 2018.
27. Motamed N, Perumal D, Zamani F, Ashrafi H, Haghjoo M, Saeedian FS, et al. Conicity Index and Waist-to-Hip Ratio Are Superior Obesity Indices in Predicting 10-Year Cardiovascular Risk Among Men and Women. *Clin Cardiol*. 2015;38(9):527-34.
28. 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. *The Lancet*. 2014;384(9945):766-81.

29. Manios Y, Karatzi K, Protogerou AD, Moschonis G, Tsirimiagou C, Androutsos O, et al. Prevalence of childhood hypertension and hypertension phenotypes by weight status and waist circumference: the Healthy Growth Study. *Eur J Nutr.* 2018;57(3):1147-55.
30. Bloch KV, Klein CH, Szklo M, Kuschnir MCC, de Azevedo Abreu G, Barufaldi LA, et al. ERICA: prevalências de hipertensão arterial e obesidade em adolescentes brasileiros. *Revista de Saúde Pública.* 2016;50(suppl. 1):9.
31. Swinburn BA, Sacks G, Hall KD, McPherson K, Finegood DT, Moodie ML, et al. The global obesity pandemic: shaped by global drivers and local environments. *The Lancet.* 2011;378(9793):804-14.
32. McGovern L, Johnson JN, Paulo R, Hettinger A, Singhal V, Kamath C, et al. Clinical review: treatment of pediatric obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *J Clin Endocrinol Metab.* 2008;93(12):4600-5.
33. Jo J, Gavrilova O, Pack S, Jou W, Mullen S, Sumner AE, et al. Hypertrophy and/or Hyperplasia: Dynamics of Adipose Tissue Growth. *PLoS Comput Biol.* 2009;5(3):e1000324.
34. Virtue S, Vidal-Puig A. It's not how fat you are, it's what you do with it that counts. *PLoS Biol.* 2008;6(9):e237.
35. Weker H. [Simple obesity in children. A study on the role of nutritional factors]. *Med Wieku Rozwoj.* 2006;10(1):3-191.
36. Popkin BM, Adair LS, Ng SW. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutrition reviews.* 2012;70(1):3-21.
37. Abiri B, Sarbakhsh P, Vafa M. Prevalence of overweight, obesity, and associated risk factors in healthy female adolescents in Tehran, Iran. *Cent Asian J Glob Health.* 2019;8(1):413.
38. Ghomari-Boukhatem H, Bouchouicha A, Mekki K, Chenni K, Belhadj M, Bouchenak M. Blood pressure, dyslipidemia and inflammatory factors are related to body mass index in scholar adolescents. *Arch Med Sci.* 2017;13(1):46-52.
39. Lobstein T, Baur L, Uauy R, TaskForce IIO. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obes Rev.* 2004;5 Suppl 1:4-104.
40. Olshansky SJ, Passaro DJ, Hershov RC, Layden J, Carnes BA, Brody J, et al. A Potential Decline in Life Expectancy in the United States in the 21st Century. *New England Journal of Medicine.* 2005;352(11):1138-45.
41. Berenson GS, Srinivasan SR, Bao W, Newman WP, Tracy RE, Wattigney WA. Association between multiple cardiovascular risk factors and atherosclerosis in children and young adults. *N Engl J Med.* 1998;338.
42. McMorro AM, Connaughton RM, Lithander FE, Roche HM. Adipose tissue dysregulation and metabolic consequences in childhood and adolescent obesity: potential impact of dietary fat quality. *Proc Nutr Soc.* 2015;74(1):67-82.
43. Freedman DS, Goodman A, Contreras OA, DasMahapatra P, Srinivasan SR, Berenson GS. Secular trends in BMI and blood pressure among children and adolescents: the Bogalusa heart study. *Pediatrics.* 2012;130.

44. Freedman DS, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS. The relation of overweight to cardiovascular risk factors among children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*. 1999;103(1):1175-82.
45. Heinzle S, Ball GD, Kuk JL. Variations in the prevalence and predictors of prevalent metabolically healthy obesity in adolescents. *Pediatr Obes*. 2016;11(5):425-33.
46. Sawyer SM, Afifi RA, Bearinger LH, Blakemore SJ, Dick B, Ezech AC, et al. Adolescence: a foundation for future health. *Lancet*. 2012;379(9826):1630-40.
47. Rodriguez G, Moreno LA, Blay MG, Blay VA, Garagorri JM, Sarria A, et al. Body composition in adolescents: measurements and metabolic aspects. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004;28 Suppl 3:S54-8.
48. Sawyer SM, Azzopardi PS, Wickremarathne D, Patton GC. The age of adolescence. *Lancet Child Adolesc Health*. 2018;2(3):223-8.
49. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). 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):2627-2642. 6736(17)32129-3.
50. Barufaldi LA, Abreu Gde A, Oliveira JS, dos Santos DF, Fujimori E, Vasconcelos SM, et al. ERICA: prevalence of healthy eating habits among Brazilian adolescents. *Rev Saude Publica*. 2016;50 Suppl 1:6s.
51. Organization WH. Health For The World's Adolescents. 2014.
52. Alves MA, Souza AM, Barufaldi LA, Tavares BM, Bloch KV, Vasconcelos FAG. Dietary patterns of Brazilian adolescents according to geographic region: an analysis of the Study of Cardiovascular Risk in Adolescents (ERICA). *Cad Saude Publica*. 2019;35(1):e00153818.
53. Lavie CJ, Ozemek C, Carbone S, Katzmarzyk PT, Blair NS. Sedentary Behavior, Exercise, and Cardiovascular Health. *Circulation Research*. 2019;124:799-815.
54. M K. Historical review of developing body weight indices: meaning and purpose. *Adv Obes Weight Manag Control*. 2017;6(1):184-92.
55. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320(7244):1240-3.
56. Prentice AM, Jebb SA. Beyond body mass index. *Obes Rev*. 2001;2(3):141-7.
57. Qorbani M, Kelishadi R, Farrokhi-Khajeh-Pasha Y, Motlagh M, Aminaee T, Ardalan G, 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*. 2013;6(5):483-92.
58. Waist Circumference and Waist-Hip Ratio: Report of a WHO Expert Consultation. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. 2008.
59. Alves Junior CA, Mocellin MC, Goncalves ECA, Silva DA, Trindade EB. Anthropometric Indicators as Body Fat Discriminators in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Adv Nutr*. 2017;8(5):718-27.

60. Mangla A, Dhamija, N. , Gupta, U. and Dhall, M. Anthropometric Markers as a Paradigm for Obesity Risk Assessment. *Journal of Biosciences and Medicines*. 2020;8:1-16.
61. Bacopoulou F, Efthymiou V, Landis G, Rentoumis A, Chrousos GP. Waist circumference, waist-to-hip ratio and waist-to-height ratio reference percentiles for abdominal obesity among Greek adolescents. *BMC pediatrics*. 2015;15(1):50.
62. Morandi A, Miraglia Del Giudice E, Martino F, Martino E, Bozzola M, Maffei C. Anthropometric indices are not satisfactory predictors of metabolic comorbidities in obese children and adolescents. *J Pediatr*. 2014;165(1):1178-83 e2.
63. Lam BC, Koh GC, Chen C, Wong MT, Fallows SJ. Comparison of Body Mass Index (BMI), Body Adiposity Index (BAI), Waist Circumference (WC), Waist-To-Hip Ratio (WHR) and Waist-To-Height Ratio (WtHR) as predictors of cardiovascular disease risk factors in an adult population in Singapore. *PLoS One*. 2015;10(4):e0122985.
64. Schneider HJ, Friedrich N, Klotsche J, Pieper L, Nauck M, John U, et al. The predictive value of different measures of obesity for incident cardiovascular events and mortality. *J Clin Endocrinol Metab*. 2010;95(4):1777-85.
65. de Quadros TMB, Gordia AP, Andaki ACR, Mendes EL, Mota J, Silva LR. Utility of anthropometric indicators to screen for clustered cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2019;32(1):49-55.
66. Krakauer NY, Krakauer JC. Untangling Waist Circumference and Hip Circumference from Body Mass Index with a Body Shape Index, Hip Index, and Anthropometric Risk Indicator. *Metab Syndr Relat Disord*. 2018;16(4):160-5.
67. Canoy D, Bundred P. Obesity in children. *Clinical evidence*. 2011;2011.
68. Gungor NK. Overweight and obesity in children and adolescents. *J Clin Res Pediatr Endocrinol*. 2014;6(3):129-43.
69. Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson AA. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ*. 2007;335(7612):194.
70. Ashwell M, Cole TJ, Dixon AK. Ratio of waist circumference to height is strong predictor of intra-abdominal fat. *BMJ*. 1996;313(7056):559-60.
71. Lee CM, Huxley RR, Wildman RP, Woodward M. Indices of abdominal obesity are better discriminators of cardiovascular risk factors than BMI: a meta-analysis. *J Clin Epidemiol*. 2008;61(7):646-53.
72. Huxley R, Mendis S, Zheleznyakov E, Reddy S, Chan J. Body mass index, waist circumference and waist:hip ratio as predictors of cardiovascular risk--a review of the literature. *Eur J Clin Nutr*. 2010;64(1):16-22.
73. Carneiro IBP, Sampaio HA dC, Carioca AAF, Pinto FJM, Damasceno NRT. Antigos e novos indicadores antropométricos como preditores de resistência à insulina em adolescentes. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*. 2014;58:838-43.
74. Weber DR, Katz LEL, Zemel BS, Gallagher PR, Murphy KM, Dumser SM, et al. Anthropometric measures of abdominal adiposity for the identification of cardiometabolic risk factors in adolescents. *Diabetes research and clinical practice*. 2014;103(3):e14-e7.

75. Schroder H, Ribas L, Koebnick C, Funtikova A, Gomez SF, Fito M, et al. Prevalence of abdominal obesity in Spanish children and adolescents. Do we need waist circumference measurements in pediatric practice? *PLoS One*. 2014;9(1):e87549-e.
76. Samouda H, de Beaufort C, Stranges S, Guinhouya BC, Gilson G, Hirsch M, et al. Adding anthropometric measures of regional adiposity to BMI improves prediction of cardiometabolic, inflammatory and adipokines profiles in youths: a cross-sectional study. *BMC Pediatr*. 2015;15:168.
77. Eloi JC, Epifanio M, de Gonçalves MM, Pelliccioli A, Vieira PFG, Dias HB, 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*. 2017;12(1):e0167625.
78. Kindler JM, Lobene AJ, Vogel KA, Martin BR, McCabe LD, Peacock M, et al. Adiposity, Insulin Resistance, and Bone Mass in Children and Adolescents. *J Clin Endocrinol Metab*. 2019;104(3):892-9.
79. De Moraes A, Fadoni R, Ricardi L, Souza T, Rosaneli C, Nakashima A, et al. Prevalence of abdominal obesity in adolescents: a systematic review. *Obesity reviews*. 2011;12(1):69-77.
80. Vazquez G, Duval S, Jacobs DR, Jr., Silventoinen K. Comparison of body mass index, waist circumference, and waist/hip ratio in predicting incident diabetes: a meta-analysis. *Epidemiol Rev*. 2007;29:115-28.
81. McCarthy HD, Ellis SM, Cole TJ. Central overweight and obesity in British youth aged 11–16 years: cross sectional surveys of waist circumference. *Bmj*. 2003;326(7390):624.
82. Moreno L, Sarria A, Fleta J, Marcos A, Bueno M. Secular trends in waist circumference in Spanish adolescents, 1995 to 2000–02. *Archives of disease in childhood*. 2005;90(8):818-9.
83. Sant'Anna MdSL, Tinoco ALA, Rosado LEF, Sant'Ana LFdR, Mello AdC, Brito ISdS, et al. Avaliação de gordura corporal pela bioimpedância elétrica e sua correlação com diferentes pontos anatômicos de medida da circunferência da cintura em crianças; Body fat assessment by bioelectrical impedance and its correlation with different anatomical sites used in the measurement of waist circumference in children. *J pediatr(Rio J)*. 2009;85(1):61-6.
84. Sampei MA, Sigulem DM. Field methods in the evaluation of obesity in children and adolescents. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*. 2009;9(1):21-9.
85. Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual. 1988.
86. Daniels SR, Khoury PR, Morrison JA. Utility of different measures of body fat distribution in children and adolescents. *Am J Epidemiol*. 2000;152(12):1179-84.
87. Zhou D, Yang M, Yuan ZP, Zhang DD, Liang L, Wang CL, et al. Waist-to-Height Ratio: a simple, effective and practical screening tool for childhood obesity and metabolic syndrome. *Prev Med*. 2014;67:35-40.

88. Magalhaes EI, Sant'Ana LF, Priore SE, Franceschini Sdo C. [Waist circumference, waist/height ratio, and neck circumference as parameters of central obesity assessment in children]. *Rev Paul Pediatr*. 2014;32(3):273-81.
89. Ashwell M, Hsieh SD. Six reasons why the waist-to-height ratio is a rapid and effective global indicator for health risks of obesity and how its use could simplify the international public health message on obesity. *Int J Food Sci Nutr*. 2005;56(5):303-7.
90. Agredo-Zuniga RA, Aguilar-de Plata C, Suarez-Ortegon MF. Waist:height ratio, waist circumference and metabolic syndrome abnormalities in Colombian schooled adolescents: a multivariate analysis considering located adiposity. *Br J Nutr*. 2015;114(5):700-5.
91. Savva SC, Lamnisos D, Kafatos AG. Predicting cardiometabolic risk: waist-to-height ratio or BMI. A meta-analysis. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2013;6:403-19.
92. Kalker U HO, Kolbe-Saborowski H. . Adipöse Kinder und Jugendliche. Taillen-Hüft-Ratio und kardiovaskuläres Risiko [Obese children and adolescents. Waist-hip ratio and cardiovascular risk. *Monatsschr Kinderheilkd*. 1993;141(1):36-41.
93. Komaroff M. Historical review of developing body weight indices: meaning and purpose. *Adv Obes Weight Manag Control*. 2017;6(1):184-92.
94. Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, Dans T, Avezum A, Lanas F, et al. Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *Lancet*. 2004;364(9438):937-52.
95. Dhana K, Kavousi M, Ikram MA, Tiemeier HW, Hofman A, Franco OH. Body shape index in comparison with other anthropometric measures in prediction of total and cause-specific mortality. *J Epidemiol Community Health*. 2016;70(1):90-6.
96. Rahman SA, Adjeroh D. Surface-Based Body Shape Index and Its Relationship with All-Cause Mortality. *PLoS One*. 2015;10(12):e0144639.
97. Kinjo M, Setoguchi S, Solomon DH. Bone mineral density in adults with the metabolic syndrome: analysis in a population-based U.S. sample. *J Clin Endocrinol Metab*. 2007;92(11):4161-4.
98. Capizzi M, Leto G, Petrone A, Zampetti S, Papa RE, Osimani M. Wrist circumference is a clinical marker of insulin resistance in overweight and obese children and adolescents. *Circulation*. 2011;123.
99. da Silva Cde C, Zambon MP, Vasques AC, Rodrigues AM, Camilo DF, Antonio MA, et al. Neck circumference as a new anthropometric indicator for prediction of insulin resistance and components of metabolic syndrome in adolescents: Brazilian Metabolic Syndrome Study. *Rev Paul Pediatr*. 2014;32(1):221-9.
100. Valdez R. A simple model-based index of abdominal adiposity. *J Clin Epidemiol*. 1991;44(9):955-6.
101. Rato Q. Conicity index: An anthropometric measure to be evaluated. *Rev Port Cardiol*. 2017;36(5):365-6.
102. Neta A, Farias JCJ, Martins PR, Ferreira F. [Conicity index as a predictor of changes in the lipid profile of adolescents in a city in Northeast Brazil]. *Cad Saude Publica*. 2017;33(3):e00029316.

103. Oliveira RG, Guedes DP. Performance of anthropometric indicators as predictors of metabolic syndrome in Brazilian adolescents. *BMC Pediatr.* 2018;18(1):33.
104. Krakauer NY, Krakauer JC. A new body shape index predicts mortality hazard independently of body mass index. *PLoS One.* 2012;7(7):e39504.
105. He S, Chen X. Could the new body shape index predict the new onset of diabetes mellitus in the Chinese population? *PLoS One.* 2013;8(1):e50573.
106. Perona JS, Schmidt Rio-Valle J, Ramirez-Velez R, Correa-Rodriguez M, Fernandez-Aparicio A, Gonzalez-Jimenez E. Waist circumference and abdominal volume index are the strongest anthropometric discriminators of metabolic syndrome in Spanish adolescents. *Eur J Clin Invest.* 2019;49(3):e13060.
107. Weaver DJ, Jr. Hypertension in Children and Adolescents. *Pediatr Rev.* 2017;38(8):369-82.
108. National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in C, Adolescents. The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents. *Pediatrics.* 2004;114(2 Suppl 4th Report):555-76.
109. Sinaiko AR. Hypertension in children. *N Engl J Med.* 1996;335(26):1968-73.
110. Hansen ML, Gunn PW, Kaelber DC. Underdiagnosis of hypertension in children and adolescents. *JAMA.* 2007;298(8):874-9.
111. Yoon KL. Does hypertension begin in adolescence? *Korean J Pediatr.* 2013;56.
112. Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico [Internet]. 2018.
113. Fan Z, Liao Z, Zong X, Zhang S. Differences in prevalence of prehypertension and hypertension in children and adolescents in the eastern, central and western regions of China from 1991-2011 and the associated risk factors. *PLoS One.* 2019;14(1):e0210591.
114. Kuciene R, Dulskiene V. Associations between body mass index, waist circumference, waist-to-height ratio, and high blood pressure among adolescents: a cross-sectional study. *Sci Rep.* 2019;9(1):9493.
115. Jardim TV, Gaziano TA, Nascente FM, de Souza Carneiro C, Morais P, Roriz V, et al. Multiple cardiovascular risk factors in adolescents from a middle-income country: Prevalence and associated factors. *PloS one.* 2018;13(7):e0200075.
116. Danaei G, Rimm EB, Oza S, Kulkarni SC, Murray CJ, Ezzati M. The promise of prevention: the effects of four preventable risk factors on national life expectancy and life expectancy disparities by race and county in the United States. *PLoS Medicine.* 2010;7(3):e1000248.
117. Gutin B, Basch C, Shea S, Contento I, DeLozier M, Rips J, et al. Blood pressure, fitness, and fatness in 5- and 6-year-old children. *JAMA.* 1990;264(9):1123-7.
118. Benmohammed K, Valensi P, Nguyen MT, Benmohammed F, Benlatreche M, Benembarek K, et al. Influence of waist circumference on blood pressure status in

non-obese adolescents. *International journal of adolescent medicine and health*. 2018.

119. Shah et al. Impact of High Volume Energy Drink Consumption on Electrocardiographic and Blood Pressure Parameters: A Randomized Trial. *J Am Heart Assoc*. 2019 4;8(11):e011318.

120. Moyer VA. Screening for primary hypertension in children and adolescents: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *Annals of internal medicine*. 2013;159(9):613-9.

121. Force USPST, Curry SJ, Krist AH, Owens DK, Barry MJ, Cabana M, et al. Screening for Elevated Blood Lead Levels in Children and Pregnant Women: US Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *JAMA*. 2019;321(15):1502-9.

122. Fazeli Farsani S, van der Aa MP, van der Vorst MM, Knibbe CA, de Boer A. Global trends in the incidence and prevalence of type 2 diabetes in children and adolescents: a systematic review and evaluation of methodological approaches. *Diabetologia*. 2013;56(7):1471-88.

123. Williams R, Karuranga S, Malanda B, Saeedi P, Basit A, Besancon S, et al. Global and regional estimates and projections of diabetes-related health expenditure: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Res Clin Pract*. 2020;162:108072.

124. Esser N, Legrand-Poels S, Piette J, Scheen AJ, Paquot N. Inflammation as a link between obesity, metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract*. 2014;105(1):141-50.

125. Chiarelli F, Marcovecchio ML. Insulin resistance and obesity in childhood. *Eur J Endocrinol*. 2008;159 Suppl 1:S67-74.

126. Mueller NT, Johnson W, Odegaard AO, Lee M, Czerwinski SA, Demerath EW. Wrist breadth and homeostasis model assessment of insulin resistance in youth: the Fels Longitudinal Study. *Am J Hum Biol*. 2013;25(5):581-5.

127. Gonzalez-Gil E, Gracia-Marco L, Santabarbara J, Molnar D, Amaro Gahete FJ, Gottrand F, et al. Inflammation and insulin resistance according to body composition in European adolescents: the HELENA study. *Nutr Hosp*. 2017;34(5):1033-43.

128. Weiss R, Kaufman FR. Metabolic Complications of Childhood Obesity Identifying and mitigating the risk. *Diabetes Care*. 2008;31(Supplement 2):S310-S6.

129. Garg MK, Tandon N, Marwaha RK, Singh Y. Evaluation of surrogate markers for insulin resistance for defining metabolic syndrome in urban Indian adolescents. *Indian Pediatr*. 2014;51(4):279-84.

130. Steinbeck KS. Insulin resistance syndrome in children and adolescents: clinical meaning and indication for action. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004;28(7):829-32.

131. Miniello VL, Faienza MF, Scicchitano P, Cortese F, Gesualdo M, Zito A, et al. Insulin resistance and endothelial function in children and adolescents. *Int J Cardiol*. 2014;174(1):343-7.

132. Goran MI, Gower BA. Relation between visceral fat and disease risk in children and adolescents. *The American journal of clinical nutrition*. 1999;70(1):149s-56s.
133. Oliveira-Santos J, Santos R, Moreira C, Abreu S, Lopes L, Agostinis-Sobrinho C, et al. Associations between anthropometric indicators in early life and low-grade inflammation, insulin resistance and lipid profile in adolescence. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2019;29(8):783-92.
134. So HK, Yip GW, Choi KC, Li AM, Leung LC, Wong SN, et al. Association between waist circumference and childhood-masked hypertension: A community-based study. *J Paediatr Child Health*. 2016;52(4):385-90.
135. Chioloro A, Paradis G, Maximova K, Burnier M, Bovet P. No use for waist-for-height ratio in addition to body mass index to identify children with elevated blood pressure. *Blood Press*. 2013;22(1):17-20.
136. Velasquez-Rodriguez CM, Velasquez-Villa M, Gomez-Ocampo L, Bermudez-Cardona J. Abdominal obesity and low physical activity are associated with insulin resistance in overweight adolescents: a cross-sectional study. *BMC Pediatr*. 2014;14:258.
137. Aguilar-Morales I, Colin-Ramirez E, Rivera-Mancia S, Vallejo M, Vazquez-Antona C. Performance of Waist-To-Height Ratio, Waist Circumference, and Body Mass Index in Discriminating Cardio-Metabolic Risk Factors in a Sample of School-Aged Mexican Children. *Nutrients*. 2018;10(12).
138. Lo K, Wong M, Khalechelvam P, Tam W. Waist-to-height ratio, body mass index and waist circumference for screening paediatric cardio-metabolic risk factors: a meta-analysis. *Obes Rev*. 2016;17(12):1258-75.
139. Bloch KV, Cardoso MA, Sichieri R. Study of Cardiovascular Risk Factors in Adolescents (ERICA): results and potentiality. *Rev Saude Publica*. 2016;50 Suppl 1:2s.
140. Bloch KV, Cardoso MA, Sichieri R. Estudo dos Riscos Cardiovasculares em Adolescentes (ERICA): resultados e potencialidade. *Revista de Saúde Pública*. 2016;50:2s-s.
141. da Silva TL, Klein CH, Souza Ade M, Barufaldi LA, Abreu Gde A, Kuschnir MC, et al. Response rate in the Study of Cardiovascular Risks in Adolescents - ERICA. *Rev Saude Publica*. 2016;50 Suppl 1:3s.
142. Vasconcellos Mauricio Teixeira Leite de SPLdN, Szklo Moyses, Kuschnir Maria Cristina Caetano, Klein Carlos Henrique, Abreu Gabriela de Azevedo et al. Desenho da amostra do Estudo do Risco Cardiovascular em Adolescentes (ERICA). *Cad Saúde Pública* [Internet]. 2015;31( 5 ):921-30. .
143. Bloch KV, Szklo M, Kuschnir MC, Abreu Gde A, Barufaldi LA, Klein CH, et al. The Study of Cardiovascular Risk in Adolescents--ERICA: rationale, design and sample characteristics of a national survey examining cardiovascular risk factor profile in Brazilian adolescents. *BMC Public Health*. 2015;15:94.
144. Vasconcellos MT, Silva PL, Szklo M, Kuschnir MC, Klein CH, Abreu Gde A, et al. Sampling design for the Study of Cardiovascular Risks in Adolescents (ERICA). *Cad Saude Publica*. 2015;31(5):921-30.

145. Cureau FV, Silva TLN, Bloch KV, Fujimori E, Belfort DR, Carvalho KMB et al. ERICA: inatividade física no lazer em adolescentes brasileiros. Rev Saude Publica. 2016;50(supl 1):4s.
146. Faria Neto JR, Bento VF, Baena CP, Olandoski M, Goncalves LG, Abreu Gde A, et al. ERICA: prevalence of dyslipidemia in Brazilian adolescents. Rev Saude Publica. 2016;50 Suppl 1:10s.
147. Kuschnir MC, Bloch KV, Szklo M, Klein CH, Barufaldi LA, Abreu Gde A, et al. ERICA: prevalence of metabolic syndrome in Brazilian adolescents. Rev Saude Publica. 2016;50 Suppl 1:11s.
148. Saúde OP-Ad. Indicadores Básicos Para a Saúde no Brasil: Conceitos e Aplicações. 2 ed. Brasil 2008.