

Universidade Federal de Pernambuco  
Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami  
Programa de Pós-graduação em Biologia Aplicada à Saúde

Auxilio na identificação de pressão arterial elevada em crianças  
através de uma modificação da razão entre pressão arterial e  
altura

Felipe Alves Mourato

Recife - PE

2014

Felipe Alves Mourato

Auxílio na identificação de pressão arterial elevada em crianças através  
de uma modificação da razão entre pressão arterial e altura

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Aplicada à Saúde do Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami – LIKA/UFPE, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biologia Aplicada à Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Nadruz Junior

Coorientadores: Prof. Dr. José Luiz de Lima Filho e Dra. Sandra da Silva Mattos

Recife - PE

2014

Catálogo na fonte  
Elaine Barroso  
CRB 1728

**Mourato, Felipe Alves**

**Auxílio na identificação de pressão arterial elevada em crianças através de uma modificação da razão entre pressão arterial e altura/ Filipe Alves Mourato – Recife: O Autor, 2014.**

**74 folhas : il., fig., tab.**

**Orientador: Wilson Nadruz Junior**

**Coorientadores: José Luiz de Lima Filho e Sandra da Silva Mattos**

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.**

**Centro de Ciências Biológicas. Biologia Aplicada à Saúde, 2014.**

Inclui bibliografia

- 1. Hipertensão 2. Pediatria I. Nadruz Junior, Wilson (orientador) II. Lima Filho, José Luiz de (coorientador) III. Mattos, Sandra da Silva**

Felipe Alves Mourato

Auxílio na identificação de pressão arterial elevada em crianças  
através de uma modificação da razão entre pressão arterial e  
altura

Aprovada em 18 de novembro de 2014, pela comissão examinadora.

### COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof. José Luiz de Lima Filho  
Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami - LIKA

---

Prof. Dr. Luiz Bezerra de Carvalho Junior  
Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami - LIKA

---

Prof. Dr. Sandro Gonçalves de Lima  
Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco – HC-UFPE

*Aos meus pais, Marcus e Valdenir, por sempre me estimularem a alcançar meus objetivos com humildade e respeito.*

*A minha amada Marianna, pela paciência e sábias palavras.*

*Para todas as crianças, os verdadeiros reis no xadrez da vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

---

Ao meu orientador, prof. Wilson Nadruz Junior, por repassar sua experiência e conhecimentos sem os quais este trabalho nunca estaria terminado.

Aos meus coorientadores, Dra. Sandra da Silva Mattos e prof. José Luiz de Lima Filho, por me estimularem a ingressar na área da pesquisa científica e pelo ânimo constante.

A todos os professores e funcionários do LIKA, em especial a Eliete, por abrir minha mente para novas experiências e me orientar na resolução de todos os problemas que surgiram no caminho.

Aos meus colegas da UCMF, pelo intenso companheirismo e energia positiva e por dedicar suas forças num incrível projeto como a rede de cardiologia pediátrica.

À minha noiva, pelo vislumbre constante de uma vida cada vez mais feliz. E, por fim, à minha família, em particular meus pais e irmã, grande responsável por mais esta vitória.

*“There are many hypotheses in science which are wrong. That’s perfectly all right: it’s the aperture to finding out what’s right. Science is a self-correcting process.”*

*Carl Sagan: Cosmos, 1980.*

## RESUMO

---

**Introdução:** a hipertensão arterial sistêmica é o principal fator de risco para diversas condições de alta morbimortalidade, como o acidente vascular cerebral. Seu diagnóstico em adultos segue pontos de corte pré-definidos, o que não ocorre em crianças. Tal fato leva ao subdiagnóstico da hipertensão arterial nesta faixa etária. Variados métodos de triagem foram descritos para facilitar o diagnóstico de hipertensão arterial em crianças e adolescentes.

**Objetivos:** comparar os métodos de triagem para hipertensão arterial em crianças e adolescentes, além de descrever uma modificação da razão entre pressão arterial e altura que aumenta a acurácia do método.

**Métodos:** foi utilizado um banco de dados médico com pacientes pediátricos. Foram incluídos na análise aqueles com idade entre 5 e 18 anos com os seguintes dados devidamente preenchidos: pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica, altura, peso e idade. Os pacientes foram classificados como portadores ou não de pressão arterial elevada de acordo com guidelines mais recentes e a comparação entre os métodos descritos na literatura foi realizada. Em seguida, foi testada uma modificação entre a pressão arterial e altura que aumenta a eficácia do método de acordo com a utilização de curvas ROC.

**Resultados:** quando os métodos foram comparados entre si, a tabela proposta por Kaelber apresentou os melhores resultados de sensibilidade e especificidade, sendo a razão entre pressão arterial e altura um bom método em adolescentes. A fórmula da razão entre pressão arterial e altura modificada apresentou melhores resultados quando comparada com a fórmula clássica.

**Conclusão:** a tabela proposta por Kaelber é uma boa ferramenta de triagem para pressão arterial elevada em crianças e adolescentes. Entretanto, exige a utilização de uma ferramenta adicional. A utilização da razão entre pressão arterial e altura modificada é uma boa opção para crianças entre 5 e 13 anos. De maneira geral, as ferramentas de triagem podem ser utilizadas para reduzir o problema do subdiagnóstico de distúrbios pressóricos na infância.

**Palavras chaves:** hipertensão; triagem; pediatria.

## **ABSTRACT**

---

**Introduction:** systemic arterial hypertension (SAH) is a major risk factor for several high morbidity and mortality conditions, such as stroke. The diagnosis in adults is based on predefined cutoff points, which does not occur in children. This fact leads to underdiagnosis of hypertension in this age group. Many screening methods have been described to facilitate the diagnosis of hypertension in children and adolescents.

**Objectives:** to compare the screening methods for high blood pressure in children and adolescents, and describe a modification on the blood pressure to height ratio which increases the accuracy of the method.

**Methods:** we used a medical database with pediatric patients. The analysis included those aged 5 to 18 and with the following variables: systolic blood pressure, diastolic blood pressure, height, weight and age. Patients were classified as having or not high blood pressure according to the latest guidelines and the comparison between the methods described in the literature was performed. Then, a modification on blood pressure to height ratio which increases the accuracy of the method was conducted utilizing ROC curves.

**Results:** when the methods were compared, the table proposed by Kaelber showed the best results of sensitivity and specificity. The blood pressure to height ratio is a good method in adolescents. The modified blood pressure to height ratio showed better results when compared with the classical formula.

**Conclusion:** the table proposed by Kaelber is a good screening tool for high blood pressure in children and adolescents. However, it requires the use of an additional tool. Using the modified blood pressure to height ratio is a good option for children between 5 and 13 years. In general, the screening tools can be used to reduce the problem of blood pressure disorders underdiagnosis in childhood.

**Keywords:** hypertension; triage; paediatrics.

## LISTA DE FIGURAS

---

### Revisão de Literatura

Figura 1: percentil de altura pela CDC - meninos .....	20
Figura 2: percentil de altura pela CDC - meninas .....	21

### Capítulo II - A Modified Blood Pressure to Height Ratio Improves Accuracy for

#### Hypertension in Childhood

Figure S1: ROC curves for systolic arterial pressure equal or higher than the 90th percentile per formula for male gender. ....	61
Figure S2: ROC curves for systolic arterial pressure equal or higher than the 95th percentile per formula for male gender. ....	62
Figure S3: ROC curves for systolic arterial pressure equal or higher than the 99th percentile per formula for male gender. ....	63
Figure S4: ROC curves for systolic arterial pressure equal or higher than the 90th percentile per formula for female gender. ....	64
Figure S5: ROC curves for systolic arterial pressure equal or higher than the 95th percentile per formula for female gender. ....	65
Figure S6: ROC curves for systolic arterial pressure equal or higher than the 99th percentile per formula for female gender. ....	66

## LISTA DE TABELAS

---

### Revisão de Literatura

Tabela 1: Percentil da PA - meninos .....	22
Tabela 2: Percentil da PA - meninos .....	24

### Capítulo I: Comparação entre diferentes métodos de rastreamento para distúrbios da pressão arterial em crianças e adolescentes.

Tabela 1: Diferentes métodos de rastreamento de distúrbios da pressão arterial em crianças e adolescentes.....	48
Tabela 2: Médias da idade, peso, altura, pressão arterial sistólica e pressão arterial diastólica por faixa etária e gênero. ....	50
Tabela 3: Sensibilidade, especificidade e acurácia dos testes.....	51
Tabela 4: Razão de verossimilhança positiva e negativa e valor preditivo positivo e negativo dos testes .....	52

### Capítulo II: A Modified Blood Pressure to Height Ratio Improves Accuracy for Hypertension in Childhood

Table 1: Characteristics of the studied population .....	56
Table 2: Comparison of “area under the curve” between both methods by gender .....	57
Table 3: Cutoff point, sensitivity, and specificity of blood pressure to height ratio and blood pressure to estimated height at age 13 years ratio by hypertension level. ....	58
Table 4: Cross tabulations between gold standard, blood pressure to height ratio, and blood pressure to estimated height at age 13 years .....	58
Table S1: Comparison between different BP levels and body mass index classification according to each formula.....	67
TableS2: Comparison between different BP levels within lowermost and uppermost heights according to each formula. ....	68
Table S3: Results from logistic regression analysis.. ..	70
Table S4: Comparison of AUC using formulae adjusted for estimated heights at age 16 and 13 years old in males. ....	71

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

- HAS: Hipertensão Arterial Sistêmica
- IAM: Infarto Agudo do Miocárdio
- AVC: Acidente Vascular Cerebral
- PA: Pressão Arterial
- PAS: Pressão Arterial Sistólica
- PAD: Pressão Arterial Diastólica
- ROC: *Receiver Operating Characteristic*
- CDC: *Centers for Disease Control and Prevention*
- BP: *Blood Pressure*
- IMC: Índice de Massa Corpórea
- MAPA: Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial
- RVP: Razão de Verossimilhança Positiva
- RVN: Razão de Verossimilhança Negativa
- VPP: Valor Preditivo Positivo
- VPN: Valor Preditivo Negativo
- HT: *Height*
- SBP: *Systolic Blood Pressure*
- DBP: *Diastolic Blood Pressure*
- BMI: *Body Mass Index*
- eHT13: *Estimated Height at 13*
- eHT16: *Estimated Height at 16*
- AUC: *Area Under Curve*
- PLR: *Positive Likelihood Ratio*
- NLR: *Negative Likelihood Ratio*
- PPV: *Positive Predictive Value*
- NPV: *Negative Predictive Value*

## SUMÁRIO

---

INTRODUÇÃO.....	14
REVISÃO DA LITERATURA.....	18
UMA VISÃO GERAL DA HIPERTENSÃO NA INFÂNCIA E ADOLESCÊNCIA..	18
MÉTODOS DE TRIAGEM DA PRESSÃO ARTERIAL ELEVADA NA INFÂNCIA E ADOLESCÊNCIA.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29
OBJETIVOS.....	34
GERAL .....	34
ESPECÍFICOS .....	34
CAPÍTULO I – Comparação entre diferentes métodos de rastreamento para distúrbios da pressão arterial em crianças e adolescentes.....	37
CAPÍTULO II – A Modified Blood Pressure to Height Ratio Improves Accuracy for Hypertension in Childhood.....	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73

# ***INTRODUÇÃO***

## INTRODUÇÃO

A hipertensão arterial sistêmica (HAS) é um dos principais fatores que desencadeiam condições de alta morbimortalidade na população mundial (Doll, 1998), como infarto agudo do miocárdio (IAM) e o acidente vascular cerebral (AVC). Apesar de ser mais frequente na população adulta e idosa, a HAS vem cada vez mais atingindo a faixa etária pediátrica (Christofaro, Andrade, Fernandes, Cabrera, & RittiDias, 2011; Ferreira & Aydos, 2010), principalmente devido ao aumento da obesidade e mudanças no estilo de vida (Group, 2004).

Ao contrário do que ocorre em adultos, o diagnóstico de pressão arterial elevada em crianças e adolescentes não segue pontos de corte pré-definidos. Segundo o *The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents* (Village, 2004), o ponto de corte ideal para o diagnóstico de HAS (tanto para a pressão sistólica quanto para diastólica) variam de acordo com o sexo, idade e altura. Nele ainda podem ser encontradas tabelas de percentis para identificação do nível pressórico da criança de acordo com as variáveis anteriormente mencionadas. Além disso, recomenda a aferição da pressão arterial (PA) em toda consulta ambulatorial de todas as crianças a partir dos três anos de idade, além de esclarecer qual o tamanho adequado do manguito de acordo com a idade e circunferência braquial.

Apesar da importância de tal conduta, ela não é facilmente reproduzível na prática diária (Hansen, Gunn, & Kaelber, 2007). Fatores como a necessidade constante de verificar as tabelas de percentis e variação constante dos pontos de corte dificultam o diagnóstico na faixa etária pediátrica. Além disso, deve-se lembrar de que uma criança hipertensa quase certamente será um adulto hipertenso (Bartosh & Aronson, 1999). Logo, a falta do diagnóstico pode levar a uma falta de tratamento precoce, levando a lesões secundárias (Vasan et al., 2001).

Tentando contornar tal situação, diversos métodos de triagem para identificação de pressão arterial elevada foram criados (Chiolero & Paradis, 2013). Resumidamente, eles podem ser divididos de acordo com sua metodologia em: utilização de equações, de tabelas simplificadas e da razão entre PA e altura.

O principal método que utiliza equações é o de Somu (Somu, Sundaram, & Kamalanathan, 2003). Nele, equações simples, baseadas em regressão linear simples de acordo com a idade, são utilizadas para determinar o percentil 95 da

pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) do paciente. Entretanto, dois fatores prejudicam sua utilização: ela foi elaborada no ano de 2003 - quando a pressão entre o percentil 90 e 95 era considerada normal - e utiliza somente o percentil 50 de altura para sua elaboração. Desta forma, ele não consegue identificar adequadamente os níveis de pré-hipertensão (entre o percentil 90 e 95) além de sua eficácia poder variar entre diversas etnias.

A utilização de tabelas simplificadas é a que mais possui métodos distintos. O que todas têm em comum é o fato de eliminar pelo menos uma variável para sua elaboração, facilitando a obtenção dos resultados. Duas delas, a proposta por Charlene (Mitchell, Theriot, Sayat, Muchant, & Franco, 2011) e Kaelber (Kaelber & Pickett, 2009), eliminam a altura, enquanto a proposta por Ardissino (Ardissino et al., 2004) elimina a idade. O que diferencia a de Charlene da de Kaelber é que a primeira utiliza intervalos de três anos de idade, enquanto a segunda utiliza o intervalo de um ano, sendo consideravelmente maior (Totaro et al., 2013). Tal fato leva a uma maior sensibilidade e especificidade da última em relação à primeira. A tabela de Ardissino, semelhantemente as fórmulas de Somu, foi construída baseada no percentil 95, não conseguindo identificar adequadamente níveis pré-hipertensivos.

A última metodologia proposta, a razão entre PA e altura, foi descrita em 2011 na China (Q Lu et al., 2011). Nela, a partir da utilização de curvas ROC, foram determinados pontos de corte da razão na identificação de pré-hipertensão e HAS. Foi validada em diversas populações (Ejike & Yin, 2013; Galescu et al., 2012; Guo et al., 2013; Qiang Lu et al., 2013; Rabbia et al., 2011). Posteriormente, foi identificada uma menor eficácia do método em crianças abaixo dos treze anos.

Tais métodos têm suas vantagens e desvantagens na prática diária. A utilização de equações simples só requer a memorização das mesmas para se verificar o valor da PA requerido, entretanto não consegue classificar o paciente como pré-hipertenso, hipertenso grau I ou hipertenso grau II. A utilização de tabelas requer a utilização de uma ferramenta extra no dia-a-dia clínico, já que possui diversos pontos de corte que inviabiliza a sua memorização. A razão entre PA e altura requer apenas a memorização dos pontos de corte, mas os mesmos podem variar entre diferentes grupos populacionais.

Desta forma, uma comparação entre os diversos testes utilizando a mesma amostra traria informações importantes sobre qual método seria mais bem aplicado na prática diária. Além disso, modificações na razão entre PA e altura que aumente sua eficácia em crianças também seria importante para a plena utilização deste método.

**REVISÃO**

## **REVISÃO DA LITERATURA**

### **UMA VISÃO GERAL DA HIPERTENSÃO NA INFÂNCIA E ADOLESCÊNCIA**

A HAS é a doença cardiovascular mais diagnosticada em adultos (Ezzati, Lopez, Rodgers, Vander Hoorn, & Murray, 2002). Além disso, é o principal fator de risco para AVC e IAM, sendo estes responsáveis por grande parte dos óbitos no mundo (Murray & Lopez, 1997).

A prevalência de HAS na população adulta brasileira varia entre 22,3% e 44,9% (Castro, Moncau, & Marcopito, 2007; Freitas et al., 2001; Trindade et al., 1998). Na população pediátrica, por sua vez, este valor varia entre 0,8% e 8,2% (Salgado & Carvalhaes, 2003), dependendo dos critérios estabelecidos e número de aferições utilizados em cada estudo.

Em relação a sua etiologia, a HAS pode ser dividida em dois grandes grupos: HAS primária e HAS secundária. Na HAS primária não há uma causa identificável para elevação da PA, sendo esta atribuída às interações entre genética e ambiente. Podem exemplificar: o baixo peso ao nascer, obesidade, dieta rica em sal, atividade física reduzida, dentre outros (Pinto, Silva, Priore, Assis, & Pinto, 2011). Na HAS secundária há uma causa identificável para elevação da PA e, caso ela seja controlada ou curada, tem-se o retorno da PA para níveis normais. Dentre elas, podem-se citar a coarctação da aorta, nefropatia congênita, feocromocitoma, dentre outras.

A importância desta distinção é que, em crianças e adolescentes, as causas secundárias são bem mais comuns do que em adultos (Viera & Neutze, 2010). As causas secundárias também variam dentro de cada faixa etária (Viera & Neutze, 2010). Logo, em crianças até os dez anos de idade, a doença do parênquima renal e a coarctação da aorta são as causas mais frequentes, enquanto que - acima dos dez anos até o final da adolescência – a doença do parênquima renal é a causa mais comum. Usualmente, a probabilidade de HAS secundária é diretamente proporcional ao nível da PA e inversamente à idade. Outro fato importante é que a HAS primária geralmente é assintomática, enquanto a secundária demonstra sintomatologia de acordo com a causa base.

Como visto anteriormente, as principais consequências da HAS é o IAM e o AVC. Tais eventos usualmente ocorrem em fases mais avançadas da vida (acima dos 50 anos). Entretanto, já foi demonstrado que crianças hipertensas tem uma chance bastante elevada de se tornarem adultos hipertensos, num fenômeno denominado *tracking* (Bao, Threefoot, Srinivasan, & Berenson, 1995). Porém, estudos já demonstram que parte das crianças hipertensas já possuem lesões em órgãos alvos típicas da HAS (Giles, 2006). Exemplo é a hipertrofia ventricular esquerda, na qual ocorre em até 40% dos adolescentes recém-diagnosticados com HAS moderada (Brady, Fivush, Flynn, & Parekh, 2008). Adicionalmente, a HAS em crianças e adolescentes geralmente está associada ao sobrepeso e obesidade, sendo todos fatores de risco importantes para doença arteriosclerótica.

Neste contexto, há a orientação de se aferir a pressão arterial de crianças a partir dos três anos de idade (Village, 2004). Tal recomendação está presente em *guidelines* de diversas sociedades (Lurbe et al., 2009; Village, 2004). Desta forma, objetiva-se diagnosticar precocemente os casos de HAS secundária e primária, a primeira para resolução rápida da causa base e a última para controle pleno dos níveis pressóricos antes da lesão em órgãos-alvo ou da evolução para doenças aterosclerótica na vida adulta.

Desta forma, a aferição da PA é a condição base para o diagnóstico da HAS. O método mais utilizado é o indireto, com técnica auscultatória e esfigmomanômetro aneroide calibrado. Porém, a aferição da PA em crianças e adolescentes possuem algumas nuances próprias.

O tamanho do manguito é um dos principais fatores na correta aferição da PA em crianças e adolescentes (Village, 2004). Isso é importante, pois manguitos de tamanhos inadequados podem superestimar ou subestimar o valor real da PA. A largura da bolsa de borracha deve ter aproximadamente 40% da circunferência do braço, enquanto seu comprimento deve alcançar aproximadamente 80%. Outro fator importante é o repouso da criança antes da aferição da PA. Recomenda-se que o paciente esteja sentado por cinco minutos, com costas apoiadas e pés no chão. O braço utilizado deve ser o direito, devido à possibilidade de coarctação da aorta nestes pacientes (que levaria a pressões falsamente diminuídas no membro esquerdo).

Diferentemente dos adultos, a PA normal na infância e adolescência é determinada pela altura, sexo e idade (Village, 2004). Devido a isso, foram criadas tabelas de percentis da PA baseada nestes fatores. São consideradas normotensas as crianças com PA abaixo do percentil 90; pré-hipertensas as crianças com PA entre o percentil 90 e 95; hipertensa estágio 1 com PA acima do percentil 95 e abaixo do percentil 99 + 5mmHg e hipertensa estágio 2 com PA acima do percentil 95 + 55mmHg. Três aferições em situações distintas são necessárias para classificar a criança adequadamente.

Logo, para classificar o perfil pressórico da criança, deve-se:

- Identificar o percentil de altura segundo idade e sexo pelas tabelas de crescimentos do CDC (figura 1 e 2);
- Identificar o percentil da PA segundo a idade, o sexo e a altura nas tabelas de pressão arterial (tabela 1 e 2);
- Classificar a criança de acordo com os pontos de corte anteriormente mencionados.

**Figura 1: percentil de altura pela CDC-meninos(Kuczmarski et al., 2002)**

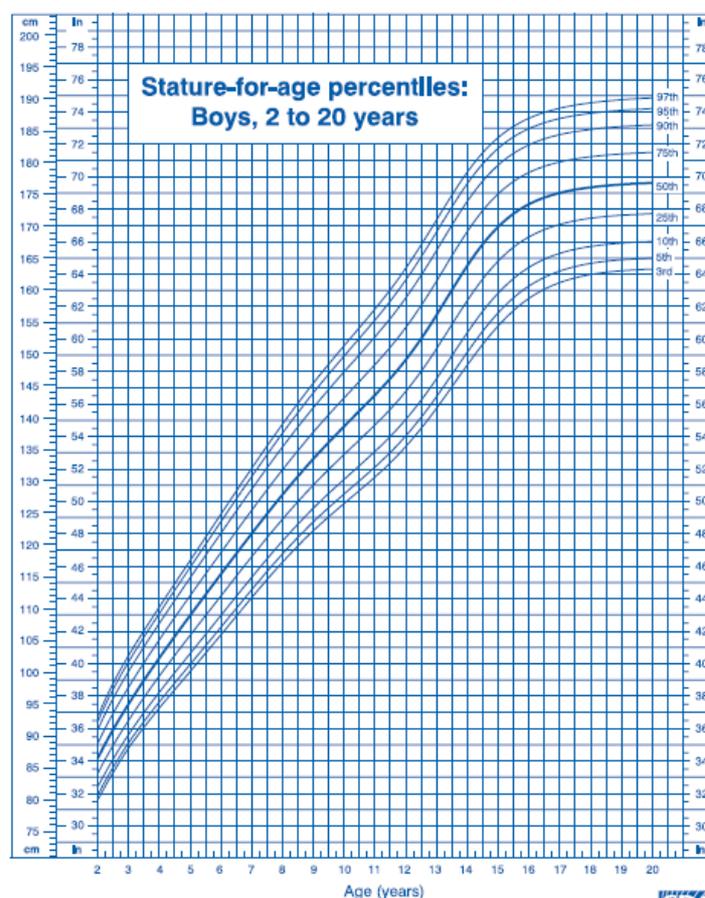
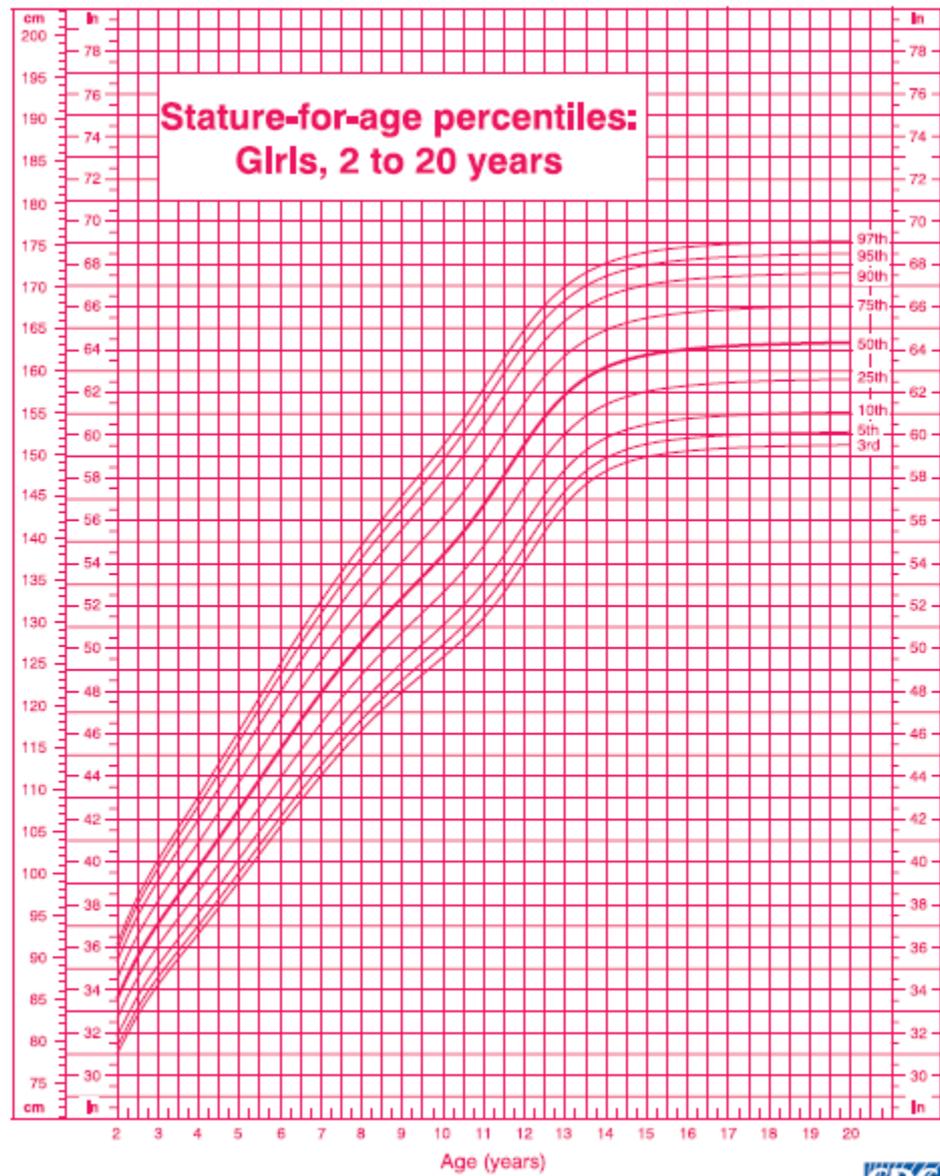


Figura 2: Percentil da altura pela CDC-meninas(Kuczmarski et al., 2002)



Published May 30, 2000.  
SOURCE: Developed by the National Center for Health Statistics in collaboration with the National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion



Tabela 1: Percentil da PA - meninos(Village, 2004)

**Blood Pressure Levels for Boys by Age and Height Percentile**

Age (Year)	BP Percentile ↓	Systolic BP (mmHg)							Diastolic BP (mmHg)						
		← Percentile of Height →							← Percentile of Height →						
		5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th	5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th
1	50th	80	81	83	85	87	88	89	34	35	36	37	38	39	39
	90th	94	95	97	99	100	102	103	49	50	51	52	53	53	54
	95th	98	99	101	103	104	106	106	54	54	55	56	57	58	58
	99th	105	106	108	110	112	113	114	61	62	63	64	65	66	66
2	50th	84	85	87	88	90	92	92	39	40	41	42	43	44	44
	90th	97	99	100	102	104	105	106	54	55	56	57	58	58	59
	95th	101	102	104	106	108	109	110	59	59	60	61	62	63	63
	99th	109	110	111	113	115	117	117	66	67	68	69	70	71	71
3	50th	86	87	89	91	93	94	95	44	44	45	46	47	48	48
	90th	100	101	103	105	107	108	109	59	59	60	61	62	63	63
	95th	104	105	107	109	110	112	113	63	63	64	65	66	67	67
	99th	111	112	114	116	118	119	120	71	71	72	73	74	75	75
4	50th	88	89	91	93	95	96	97	47	48	49	50	51	51	52
	90th	102	103	105	107	109	110	111	62	63	64	65	66	66	67
	95th	106	107	109	111	112	114	115	66	67	68	69	70	71	71
	99th	113	114	116	118	120	121	122	74	75	76	77	78	78	79
5	50th	90	91	93	95	96	98	98	50	51	52	53	54	55	55
	90th	104	105	106	108	110	111	112	65	66	67	68	69	69	70
	95th	108	109	110	112	114	115	116	69	70	71	72	73	74	74
	99th	115	116	118	120	121	123	123	77	78	79	80	81	81	82
6	50th	91	92	94	96	98	99	100	53	53	54	55	56	57	57
	90th	105	106	108	110	111	113	113	68	68	69	70	71	72	72
	95th	109	110	112	114	115	117	117	72	72	73	74	75	76	76
	99th	116	117	119	121	123	124	125	80	80	81	82	83	84	84
7	50th	92	94	95	97	99	100	101	55	55	56	57	58	59	59
	90th	106	107	109	111	113	114	115	70	70	71	72	73	74	74
	95th	110	111	113	115	117	118	119	74	74	75	76	77	78	78
	99th	117	118	120	122	124	125	126	82	82	83	84	85	86	86
8	50th	94	95	97	99	100	102	102	56	57	58	59	60	60	61
	90th	107	109	110	112	114	115	116	71	72	72	73	74	75	76
	95th	111	112	114	116	118	119	120	75	76	77	78	79	79	80
	99th	119	120	122	123	125	127	127	83	84	85	86	87	87	88
9	50th	95	96	98	100	102	103	104	57	58	59	60	61	61	62
	90th	109	110	112	114	115	117	118	72	73	74	75	76	76	77
	95th	113	114	116	118	119	121	121	76	77	78	79	80	81	81
	99th	120	121	123	125	127	128	129	84	85	86	87	88	88	89
10	50th	97	98	100	102	103	105	106	58	59	60	61	61	62	63
	90th	111	112	114	115	117	119	119	73	73	74	75	76	77	78
	95th	115	116	117	119	121	122	123	77	78	79	80	81	81	82
	99th	122	123	125	127	128	130	130	85	86	86	88	88	89	90

11	50th	99	100	102	104	105	107	107	59	59	60	61	62	63	63
	90th	113	114	115	117	119	120	121	74	74	75	76	77	78	78
	95th	117	118	119	121	123	124	125	78	78	79	80	81	82	82
	99th	124	125	127	129	130	132	132	86	86	87	88	89	90	90
12	50th	101	102	104	106	108	109	110	59	60	61	62	63	63	64
	90th	115	116	118	120	121	123	123	74	75	75	76	77	78	79
	95th	119	120	122	123	125	127	127	78	79	80	81	82	82	83
	99th	126	127	129	131	133	134	135	86	87	88	89	90	90	91
13	50th	104	105	106	108	110	111	112	60	60	61	62	63	64	64
	90th	117	118	120	122	124	125	126	75	75	76	77	78	79	79
	95th	121	122	124	126	128	129	130	79	79	80	81	82	83	83
	99th	128	130	131	133	135	136	137	87	87	88	89	90	91	91
14	50th	106	107	109	111	113	114	115	60	61	62	63	64	65	65
	90th	120	121	123	125	126	128	128	75	76	77	78	79	79	80
	95th	124	125	127	128	130	132	132	80	80	81	82	83	84	84
	99th	131	132	134	136	138	139	140	87	88	89	90	91	92	92
15	50th	109	110	112	113	115	117	117	61	62	63	64	65	66	66
	90th	122	124	125	127	129	130	131	76	77	78	79	80	80	81
	95th	126	127	129	131	133	134	135	81	81	82	83	84	85	85
	99th	134	135	136	138	140	142	142	88	89	90	91	92	93	93
16	50th	111	112	114	116	118	119	120	63	63	64	65	66	67	67
	90th	125	126	128	130	131	133	134	78	78	79	80	81	82	82
	95th	129	130	132	134	135	137	137	82	83	83	84	85	86	87
	99th	136	137	139	141	143	144	145	90	90	91	92	93	94	94
17	50th	114	115	116	118	120	121	122	65	66	66	67	68	69	70
	90th	127	128	130	132	134	135	136	80	80	81	82	83	84	84
	95th	131	132	134	136	138	139	140	84	85	86	87	87	88	89
	99th	139	140	141	143	145	146	147	92	93	93	94	95	96	97

Tabela 2: Percentil da PA-meninas(Village, 2004)

**Blood Pressure Levels for Girls by Age and Height Percentile**

Age (Year)	BP Percentile ↓	Systolic BP (mmHg)							Diastolic BP (mmHg)						
		← Percentile of Height →							← Percentile of Height →						
		5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th	5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th
1	50th	83	84	85	86	88	89	90	38	39	39	40	41	41	42
	90th	97	97	98	100	101	102	103	52	53	53	54	55	55	56
	95th	100	101	102	104	105	106	107	56	57	57	58	59	59	60
	99th	108	108	109	111	112	113	114	64	64	65	65	66	67	67
2	50th	85	85	87	88	89	91	91	43	44	44	45	46	46	47
	90th	98	99	100	101	103	104	105	57	58	58	59	60	61	61
	95th	102	103	104	105	107	108	109	61	62	62	63	64	65	65
	99th	109	110	111	112	114	115	116	69	69	70	70	71	72	72
3	50th	86	87	88	89	91	92	93	47	48	48	49	50	50	51
	90th	100	100	102	103	104	106	106	61	62	62	63	64	64	65
	95th	104	104	105	107	108	109	110	65	66	66	67	68	68	69
	99th	111	111	113	114	115	116	117	73	73	74	74	75	76	76
4	50th	88	88	90	91	92	94	94	50	50	51	52	52	53	54
	90th	101	102	103	104	106	107	108	64	64	65	66	67	67	68
	95th	105	106	107	108	110	111	112	68	68	69	70	71	71	72
	99th	112	113	114	115	117	118	119	76	76	76	77	78	79	79
5	50th	89	90	91	93	94	95	96	52	53	53	54	55	55	56
	90th	103	103	105	106	107	109	109	66	67	67	68	69	69	70
	95th	107	107	108	110	111	112	113	70	71	71	72	73	73	74
	99th	114	114	116	117	118	120	120	78	78	79	79	80	81	81
6	50th	91	92	93	94	96	97	98	54	54	55	56	56	57	58
	90th	104	105	106	108	109	110	111	68	68	69	70	70	71	72
	95th	108	109	110	111	113	114	115	72	72	73	74	74	75	76
	99th	115	116	117	119	120	121	122	80	80	80	81	82	83	83
7	50th	93	93	95	96	97	99	99	55	56	56	57	58	58	59
	90th	106	107	108	109	111	112	113	69	70	70	71	72	72	73
	95th	110	111	112	113	115	116	116	73	74	74	75	76	76	77
	99th	117	118	119	120	122	123	124	81	81	82	82	83	84	84
8	50th	95	95	96	98	99	100	101	57	57	57	58	59	60	60
	90th	108	109	110	111	113	114	114	71	71	71	72	73	74	74
	95th	112	112	114	115	116	118	118	75	75	75	76	77	78	78
	99th	119	120	121	122	123	125	125	82	82	83	83	84	85	86
9	50th	96	97	98	100	101	102	103	58	58	58	59	60	61	61
	90th	110	110	112	113	114	116	116	72	72	72	73	74	75	75
	95th	114	114	115	117	118	119	120	76	76	76	77	78	79	79
	99th	121	121	123	124	125	127	127	83	83	84	84	85	86	87
10	50th	98	99	100	102	103	104	105	59	59	59	60	61	62	62
	90th	112	112	114	115	116	118	118	73	73	73	74	75	76	76
	95th	116	116	117	119	120	121	122	77	77	77	78	79	80	80
	99th	123	123	125	126	127	129	129	84	84	85	86	86	87	88

11	50th	100	101	102	103	105	106	107	60	60	60	61	62	63	63
	90th	114	114	116	117	118	119	120	74	74	74	75	76	77	77
	95th	118	118	119	121	122	123	124	78	78	78	79	80	81	81
	99th	125	125	126	128	129	130	131	85	85	86	87	87	88	89
12	50th	102	103	104	105	107	108	109	61	61	61	62	63	64	64
	90th	116	116	117	119	120	121	122	75	75	75	76	77	78	78
	95th	119	120	121	123	124	125	126	79	79	79	80	81	82	82
	99th	127	127	128	130	131	132	133	86	86	87	88	88	89	90
13	50th	104	105	106	107	109	110	110	62	62	62	63	64	65	65
	90th	117	118	119	121	122	123	124	76	76	76	77	78	79	79
	95th	121	122	123	124	126	127	128	80	80	80	81	82	83	83
	99th	128	129	130	132	133	134	135	87	87	88	89	89	90	91
14	50th	106	106	107	109	110	111	112	63	63	63	64	65	66	66
	90th	119	120	121	122	124	125	125	77	77	77	78	79	80	80
	95th	123	123	125	126	127	129	129	81	81	81	82	83	84	84
	99th	130	131	132	133	135	136	136	88	88	89	90	90	91	92
15	50th	107	108	109	110	111	113	113	64	64	64	65	66	67	67
	90th	120	121	122	123	125	126	127	78	78	78	79	80	81	81
	95th	124	125	126	127	129	130	131	82	82	82	83	84	85	85
	99th	131	132	133	134	136	137	138	89	89	90	91	91	92	93
16	50th	108	108	110	111	112	114	114	64	64	65	66	66	67	68
	90th	121	122	123	124	126	127	128	78	78	79	80	81	81	82
	95th	125	126	127	128	130	131	132	82	82	83	84	85	85	86
	99th	132	133	134	135	137	138	139	90	90	90	91	92	93	93
17	50th	108	109	110	111	113	114	115	64	65	65	66	67	67	68
	90th	122	122	123	125	126	127	128	78	79	79	80	81	81	82
	95th	125	126	127	129	130	131	132	82	83	83	84	85	85	86
	99th	133	133	134	136	137	138	139	90	90	91	91	92	93	93

## **MÉTODOS DE TRIAGEM DA PRESSÃO ARTERIAL ELEVADA NA INFÂNCIA E ADOLESCÊNCIA**

Apesar da importância da aferição da PA para medicina preventiva e pediátrica, muitas vezes o diagnóstico da pressão arterial elevada passa despercebido nesta população (Hansen, Gunn, & Kaelber, 2007).

Diversos fatores levam a isso, mas são citados como principais: a variação dos pontos de corte de acordo com o sexo, altura e idade, além da necessidade da utilização de diversas tabelas e gráficos classificatórios (Hansen et al., 2007).

Tentando diminuir a influência de tais fatores, alguns métodos foram elaborados para diminuir a influência de tais problemas. Utilizando uma simples

classificação (Chiolero & Paradis, 2013), eles podem ser: baseados em equações simples, utilização de tabelas simplificadas e estabelecimento de pontos de corte pela razão entre PA e altura.

Dentre os métodos com equações simples, destacou-se as fórmulas descritas por Somu (Somu, Sundaram, & Kamalanathan, 2003). Nelas, a partir da idade, é possível estimar a PAS e PAD máxima normal de crianças e adolescentes. Entretanto, ela considera como valor máximo normal o percentil 95 de PA, pois foi elaborada anteriormente ao mais recente *guideline* e, portanto, não identifica adequadamente valores pré-hipertensivos. Outro fator importante é que na elaboração de tais equações foi considerado como referência o percentil 50 de altura. Logo, mesmo considerando a identificação de níveis hipertensivos, tais equações podem não ter eficácia na triagem de pressão arterial elevada em certas populações. As equações de Somu estão descritas na tabela 1 do capítulo 1.

Dentre os métodos com tabelas simplificadas, temos duas principais: a elaborada por Charlene (Mitchell, Theriot, Sayat, Muchant, & Franco, 2011) e por Kalber (Kaelber & Pickett, 2009). As duas utilizam uma relação entre idade e pressão arterial, não sendo necessária a verificação da altura. Possuem boa sensibilidade e especificidade, porém se diferenciam pelo intervalo de idade utilizado. A proposta por Charlene utiliza intervalos de três anos, enquanto a de Kaelber utiliza o intervalo anual. Isto traz resultados melhores para a última, porém a primeira pode ser utilizada de maneira mais fácil. A tabela proposta por Ardissino (Ardissino et al., 2004), por sua vez, relaciona a altura com a pressão arterial. Entretanto, semelhantemente as equações de Somu, foi elaborada antes do último *guideline* o qual definiu a classificação de pré-hipertensão. Todas as equações estão descritas na tabela 1 do capítulo 1.

Por fim, temos a determinação de pontos de corte pela razão entre PA e altura. Tais pontos são determinados a partir da utilização de curvas ROC (Receiver Operating Characteristic). Foi inicialmente proposta em 2011, utilizando dados de uma população chinesa de adolescentes (Lu et al., 2011). Foi paulatinamente sendo aplicada em outras populações e faixas etárias (Ejike & Yin, 2013; Kelishadi et al., 2014; Rabbia et al., 2011), sendo um dos métodos que melhor alia a simplicidade com a não utilização de ferramentas adicionais (como tabelas). Entretanto, os trabalhos publicados variam entre si. Alguns consideram pontos de corte para

intervalos de idade, enquanto outros por cada ano separadamente. Outros só consideram a identificação de pré-hipertensão, outros de hipertensão e alguns apresentam pontos de corte de ambos.

# ***REFERÊNCIAS***

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Ardissino, G., Bianchetti, M., Braga, M., Calzolari, A., Daccò, V., Fossalis, E., ... Salice, P. (2004). [Recommendations on hypertension in childhood: the Child Project]. *Italian Heart Journal. Supplement: Official Journal of the Italian Federation of Cardiology*, 5(5), 398–412.

Bao, W., Threefoot, S. A., Srinivasan, S. R., & Berenson, G. S. (1995). Essential hypertension predicted by tracking of elevated blood pressure from childhood to adulthood: the Bogalusa Heart Study. *American Journal of Hypertension*, 8, 657–665.

Bartosh, S. M., & Aronson, A. J. (1999). Childhood hypertension. An update on etiology, diagnosis, and treatment. *Pediatric Clinics of North America*, 46(2), 235–52.

Brady, T., Fivush, B., Flynn, J., & Parekh, R. (2008). Ability of blood pressure to predict left ventricular hypertrophy in children with primary hypertension. *The Journal of Pediatrics*, 152(1), 73–8, 78.e1.

Castro, R. A. A. de, Moncau, J. E. C., & Marcopito, L. F. (2007). Prevalência de hipertensão arterial sistêmica na cidade de Formiga, MG. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 88(3), 334–339.

Chiolero, A., & Paradis, G. (2013). User-friendly tools to identify elevated blood pressure in children. *Paediatrics & Child Health*, 18(2), 63–4.

Christofaro, D. G. D., Andrade, S. M. de, Fernandes, R. A., Cabrera, M. A. S., & RittiDias, R. M. (2011). Prevalência de pressão arterial elevada em crianças e adolescentes: revisão sistemática. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*, 11(4), 361–367.

Doll, R. (1998). Epidemiology of chronic non-infectious disease: current status and future perspective. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 1(2), 94–103.

Ejike, C. E. C. C., & Yin, F. Z. (2013). Blood pressure-to-height ratio simplifies the diagnosis of hypertension in Nigerian children. *Journal of Tropical Pediatrics*, 59(2), 160–1.

Ezzati, M., Lopez, A. D., Rodgers, A., Vander Hoorn, S., & Murray, C. J. L. (2002). Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet*, 360(9343), 1347–60.

Ferreira, J., & Aydos, R. (2010). Prevalência de hipertensão arterial em crianças e adolescentes obesos. *Ciênc Saúde Coletiva*, 15, 97–104

Freitas, O. de C., Carvalho, F. R. de, Neves, J. M., Veludo, P. K., Parreira, R. S., Gonçalves, R. M., ... Bestetti, R. B. (2001). Prevalence of hypertension in the urban population of Catanduva, in the State of São Paulo, Brazil. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 77(1).

Galescu, O., George, M., Basetty, S., Predescu, I., Mongia, A., Ten, S., & Bhangoo, A. (2012). Blood Pressure over Height Ratios: Simple and Accurate Method of Detecting Elevated Blood Pressure in Children. *International Journal of Pediatrics*, 2012, 253497.

Giles, T. (2006). Assessment of global risk: a foundation for a new, better definition of hypertension. *The Journal of Clinical Hypertension*, 8(8 Suppl 2), 5–14; quiz 39.

Group, N. D. (2004). Uma abordagem epidemiológica da obesidade An epidemiological approach to obesity. *Revista de Nutrição*, 17, 523–533.

Guo, X., Zheng, L., Li, Y., Zhang, X., Yu, S., & Sun, Y. (2013). Blood pressure to height ratio: A novel method for detecting hypertension in paediatric age groups. *Paediatrics & Child Health*, 18(2), 65–9.

Hansen, M. L., Gunn, P. W., & Kaelber, D. C. (2007). Underdiagnosis of hypertension in children and adolescents. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 298(8), 874–9.

Kaelber, D. C., & Pickett, F. (2009). Simple table to identify children and adolescents needing further evaluation of blood pressure. *Pediatrics*, 123(6), e972–4.

Kelishadi, R., Heshmat, R., Ardalan, G., Qorbani, M., Taslimi, M., Poursafa, P., ... Motlagh, M.-E. (2014). First report on simplified diagnostic criteria for pre-hypertension and hypertension in a national sample of adolescents from the Middle East and North Africa: the CASPIAN-III study. *Jornal de Pediatria (Versão Em Português)*, 90(1), 85–91.

Kuczarski, R. J., Ogden, C. L., Guo, S. S., Grummer-Strawn, L. M., Flegal, K. M., Mei, Z., ... Johnson, C. L. (2002). 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital and health statistics. Series 11, Data from the national health survey* (pp. 1–190).

Lu, Q., Ma, C. M., Yin, F. Z., Liu, B. W., Lou, D. H., & Liu, X. L. (2011). How to simplify the diagnostic criteria of hypertension in adolescents. *Journal of Human Hypertension*, 25(3), 159–63.

Lu, Q., Ma, C., Yin, F., Wang, R., Lou, D., & Liu, X. (2013). Blood pressure-to-height ratio as a screening measure for identifying children with hypertension. *European Journal of Pediatrics*, 172(1), 99–105.

Lurbe, E., Cifkova, R., Cruickshank, J. K., Dillon, M. J., Ferreira, I., Invitti, C., ... Zanchetti, A. (2009). Management of high blood pressure in children and adolescents: recommendations of the European Society of Hypertension. *Journal of Hypertension*, 27(9), 1719–42.

Mitchell, C. K., Theriot, J. A., Sayat, J. G., Muchant, D. G., & Franco, S. M. (2011). A simplified table improves the recognition of paediatric hypertension. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 47(1-2), 22–6.

Murray, C. J., & Lopez, A. D. (1997). Mortality by cause for eight regions of the world: Global Burden of Disease Study. *Lancet*, 349(9061), 1269–76.

Pinto, S. L., Silva, R. de C. R., Priore, S. E., Assis, A. M. O., & Pinto, E. de J. (2011). [Prevalence of pre-hypertension and arterial hypertension and evaluation of associated factors in children and adolescents in public schools in Salvador, Bahia State, Brazil]. *Cadernos de Saúde Pública*, 27(6), 1065–75.

Rabbia, F., Rabbone, I., Totaro, S., Testa, E., Covella, M., Berra, E., ... Veglio, F. (2011). Evaluation of blood pressure/height ratio as an index to simplify diagnostic criteria of hypertension in Caucasian adolescents. *Journal of Human Hypertension*, 25(10), 623–4.

Salgado, C. M., & Carvalhaes, J. T. de A. (2003). Hipertensão arterial na infância. *Jornal de Pediatria*, 79, S115–S124.

Somu, S., Sundaram, B., & Kamalanathan, a N. (2003). Early detection of hypertension in general practice. *Archives of Disease in Childhood*, 88(4), 302.

Totaro, S., Rabbia, F., Rabbone, I., Covella, M., Berra, E., Fulcheri, C., ... Veglio, F. (2013). Comparison among Different Screening Tests for Diagnosis of Adolescent Hypertension. *ISRN Hypertension*, 2013, 1–3.

Trindade, I. S., Heineck, G., Machado, J. R., Ayzemberg, H., Formighieri, M., Crestani, M., & Gusso, J. (1998). Prevalência da hipertensão arterial sistêmica

na população urbana de Passo Fundo (RS). *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 71(2).

Vasan, R. S., Larson, M. G., Leip, E. P., Evans, J. C., O'Donnell, C. J., Kannel, W. B., & Levy, D. (2001). Impact of high-normal blood pressure on the risk of cardiovascular disease. *The New England Journal of Medicine*, 345(18), 1291–7.

Viera, A. J., & Neutze, D. M. (2010). Diagnosis of secondary hypertension: an age-based approach. *American Family Physician*, 82(12), 1471–8.

Village, G. (2004). The Fourth Report on the Diagnosis, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure in Children and Adolescents. *Pediatrics*, 114, 555–576.

# ***OBJETIVOS***

## **OBJETIVOS**

### **GERAL**

Avaliar a eficácia dos métodos de triagem da pressão arterial elevada na infância e compará-los entre si, além de descrever novos métodos para tal triagem.

### **ESPECÍFICOS**

- Realizar um comparativo dos resultados sensibilidade, especificidade e acurácia dos métodos de triagem da pressão arterial elevada atualmente descritos na literatura.
- Descrever uma modificação da relação entre PA e altura que aumenta a acurácia deste método de triagem em crianças.

# ***PUBLICAÇÕES***

# ***CAPÍTULO I***

## **CAPÍTULO I – Comparação entre diferentes métodos de rastreamento para distúrbios da pressão arterial em crianças e adolescentes.**

Aceito pela revista “Jornal de Pediatria”.

Fator de impacto: 0,935 (2013)

Prezado Dr. Felipe A Mourato,

Informamos com satisfação que seu artigo “Comparação entre diferentes métodos de rastreamento para distúrbios da pressão arterial em crianças e adolescentes” foi programado para publicação na edição nº 3 ( Mai-Jun) de 2015 do Jornal de Pediatria.

No entanto, ainda precisamos que sejam enviados os departamentos e a instituição de cada um dos autores para colocar na página de rosto.Por favor enviar estas informações para este e-mail.

Solicitamos aos autores enviarem a carta de submissão anexa assinada via correio (não pode ser escaneada) e pedimos manter seu e-mail atualizado para o envio das provas em pdf, posteriormente.

Agradecemos escolher o Jornal de Pediatria para enviar seu artigo.

Atenciosamente,

Maria de Fátima Machado

Editorial Assistance

Jornal de Pediatria

[jped@jped.com.br](mailto:jped@jped.com.br)

Comparação entre diferentes métodos de rastreamento para distúrbios da pressão arterial em crianças e adolescentes.

Comparação entre métodos de rastreamento  
Felipe A Mourato<sup>1</sup>, José LL Filho<sup>2</sup>, Sandra S Mattos<sup>3</sup>

- 1- Graduação em Medicina. E-mail: [felipe.a.mourato@gmail.com](mailto:felipe.a.mourato@gmail.com). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4322141115169347>.
- 2- Pós-doutorado em Ciências Biológicas. E-mail: [joseluiz60@gmail.com](mailto:joseluiz60@gmail.com). Lattes: [lattes.cnpq.br/2834403735297272](http://lattes.cnpq.br/2834403735297272).
- 3- Doutorado em biotecnologia. E-mail: [ssmattos@gmail.com](mailto:ssmattos@gmail.com). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4217442357306668>.

Declaração de conflito de interesse: Nada a declarar.

Instituição: Círculo do Coração de Pernambuco.

Autor correspondente: Felipe Alves Mourato. Endereço: Rua Faustino Porto, nº200, apto. 408, Boa Viagem, Recife-PE. CEP: 51020-270. Telefone: 81-81056213. Fax: (81) 3231-0490. E-mail: [felipe.a.mourato@gmail.com](mailto:felipe.a.mourato@gmail.com).

Autor responsável pelos contatos pré-publicação: Felipe Alves Mourato. Endereço: Rua Faustino Porto, nº200, apto. 408, Boa Viagem, Recife-PE. CEP: 51020-270. Telefone: 81-81056213. Fax: (81) 3231-0490. E-mail: [felipe.a.mourato@gmail.com](mailto:felipe.a.mourato@gmail.com).

Fonte financiadora: não há.

Contagem total de palavras: 2029.

Contagem total de palavras do resumo: 213.

Número total de tabelas e figuras: 4.

Resumo:

Objetivo: comparar diferentes métodos de rastreamento para distúrbios da pressão arterial em crianças e adolescentes.

Método: foi utilizado um banco de dados com 17083 prontuários de pacientes de uma clínica de cardiologia pediátrica. Após análise dos critérios de inclusão e exclusão, 5650 foram selecionados. Estes foram divididos em duas faixas etárias: entre cinco e 13 anos e entre 13 e 18 anos. De acordo com a aferição da pressão arterial, a mesma era classificada como normal, pré-hipertensiva ou hipertensiva de acordo com *guidelines* recentes e dos métodos de rastreamento selecionados. Posteriormente, foram calculadas a sensibilidade, especificidade e acurácia de cada um de acordo com o gênero e faixa etária.

Resultados: as fórmulas de Somu e a tabela proposta por Ardissimo apresentaram baixa sensibilidade na identificação de pré-hipertensão em todas as faixas etárias, enquanto a tabela proposta por Kaelber apresentou os melhores resultados. A razão entre pressão arterial e altura apresentou baixa especificidade na faixa etária menor, mas apresentou bom desempenho em adolescentes.

Conclusão: as ferramentas de rastreamento para distúrbios da pressão arterial em crianças e adolescentes podem ser úteis para diminuir o subdiagnóstico que ocorre atualmente nessa condição. A tabela proposta por Kaelber apresentou os melhores resultados, entretanto a razão entre PA e altura apresenta vantagens específicas, como a não necessidade de tabelas.

#### Introdução:

A hipertensão arterial sistêmica (HAS) é um importante fator de risco para eventos mórbidos cardiovasculares<sup>(1)</sup>, sendo encontrada predominantemente em adultos e idosos. Entretanto, sua prevalência vem aumentando na faixa etária pediátrica<sup>(2)</sup>, devido principalmente a modificações no estilo de vida.

Apesar da importância de tal condição, a HAS na infância é pouco diagnosticada<sup>(3)</sup>. Vários fatores colaboram para tal, porém o processo diagnóstico é apontado como um dos principais<sup>(4)</sup>. O mesmo envolve a análise de várias tabelas de percentis, pois a pressão arterial (PA) na faixa etária pediátrica varia de acordo com a idade, gênero e altura.

Diversos métodos foram descritos para simplificar o diagnóstico de HAS em crianças e adolescentes<sup>(5)</sup>. Alguns deles envolvem a adoção de fórmulas matemáticas<sup>(6)</sup>, outros utilizam tabelas simplificadas<sup>(7-9)</sup> e o mais recente utiliza pontos de corte a partir da relação entre PA e altura<sup>(4)</sup>. A comparação desses métodos entre si pode ser útil na determinação de uma ferramenta de rastreamento adequada para distúrbios da pressão arterial.

Logo, este estudo tem por objetivo fazer uma comparação entre diferentes métodos de rastreamento que visam identificar PA elevada em crianças e adolescentes. Os métodos foram as equações de Somu, a razão entre PA e altura, além das tabelas propostas por Kaelber, Charlene e Ardissino.

#### Métodos:

Estudo retrospectivo baseado na análise de prontuários de uma clínica de cardiologia pediátrica no nordeste brasileiro. Um total de 17083 prontuários foi analisado e aqueles que não possuíam uma das seguintes informações foram excluídos: peso, altura, pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD) e sexo. Também foram excluídos aqueles com idade inferior a cinco anos e superior ou igual a 18 anos. Um total de 5650 prontuários foi analisado.

A rotina da clínica estabelecia a aferição da Pressão Arterial (PA) com manguito aneroide adequado para a idade e circunferência do braço (BIC, Itupeva, Brasil), após dez minutos de descanso, com paciente sentado e no braço direito. A altura foi determinada por estadiômetro sem a utilização de calçados e o peso foi determinado utilizando balança eletrônica e com paciente trajando roupas leves. Índice de massa corpórea foi definido como o peso dividido pelo quadrado da altura. A PA foi aferida por médico cardiologista pediátrico, enquanto que a altura e peso foram aferidas por pessoa treinada para tal. Somente a primeira aferição de cada variável foi considerada por paciente.

Todos os dados foram tabulados numa planilha. Os níveis pressóricos foram classificados como normais, pré-hipertensivos e hipertensivos de acordo com as recomendações do “The Fourth Report On The Diagnosis, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure in Children and Adolescents”<sup>(10)</sup>. Tais recomendações utilizam a associação de diversas tabelas de percentis (PAS, PAD, idade e altura para cada gênero) para o diagnóstico de pré-hipertensão e HAS, sendo considerado o padrão ouro neste estudo. Também foram divididos em duas faixas etárias: entre 5 e 13 anos e entre 13 e 18 anos. Neste artigo, crianças são definidas como pertencentes a primeira faixa etária e adolescentes a segunda. Vale salientar que mais de uma aferição da PA é necessária para diagnosticar hipertensão arterial. Logo, no presente estudo, os termos pré-hipertensos e hipertensos se referem, respectivamente, a pacientes com níveis pressóricos pré-hipertensivos e hipertensivos à primeira aferição e não ao diagnóstico final.

Os pacientes foram classificados como normais ou portadores de pressão arterial elevada de acordo com as tabelas simplificadas propostas por Kaelber<sup>(8)</sup>, Charlene<sup>(7)</sup> e Ardisino<sup>(9)</sup>, pelas equações propostas por Somu<sup>(6)</sup>, assim como pela razão entre PA e altura proposta por Lu<sup>(4)</sup>. Este último utiliza pontos de corte obtidos da razão entre PAS e altura e entre PAD e altura. Os pontos de corte utilizados foram os descritos por Guo e colaboradores<sup>(11)</sup> para pré-

hipertensão e HAS. A tabela 1 demonstra esses métodos. Obesidade foi definida como IMC maior ou igual ao percentil 95.

Em seguida foi calculada a sensibilidade, especificidade, acurácia, razões de verossimilhança e valores preditivos para cada teste em comparação com o padrão ouro, tanto para pré-hipertensão como HAS. Variáveis categóricas foram comparadas utilizando o teste do qui-quadrado. Um valor de  $p < 0,05$  foi considerado estatisticamente significativo. A razão de prevalências (*Odds Ratio*) foi utilizada para mostrar força de correlação.

Esse estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa do Complexo Hospitalar Oswaldo Cruz.

#### Resultados

Dos pacientes analisados, 41,61% era do gênero feminino. Em relação a faixa etária, a mais predominante foi a de 5 aos 13 anos de idade com 4796 indivíduos. A tabela 2 mostra as médias das características estudadas divididas por gênero e faixa etária.

A prevalência de valores pressóricos elevados foi de 10,71%, sendo menor nas crianças (9,78%) do que nos adolescentes (15,93%). O mesmo não ocorreu com a obesidade, com prevalência geral de 19,50%, sendo 21,33% em crianças e 9,25% em adolescentes. Houve correlação positiva entre obesidade e níveis pressóricos elevados tanto nas crianças como nos adolescentes (*Odds Ratio*=3,8272 em crianças e 5,9585 em adolescentes com  $p < 0,01$  em ambos os grupos).

A tabela proposta por Ardissino e as equações de Somu apresentaram baixa sensibilidade, apesar da boa acurácia. A tabela 3 demonstra os valores da sensibilidade, especificidade e acurácia por faixa etária quando comparados ao padrão ouro para pré-hipertensão e HAS. A tabela 4 demonstra os valores preditivos e razões de verossimilhança.

#### Discussão

Grande parte dos prontuários foi excluída da análise pela falta de dados completos. Tal fato é relativamente comum em estudos que utilizam esta fonte. Entretanto, mesmo após exclusões, obteve-se uma amostra considerável para o estudo, permitindo uma comparação eficaz entre os métodos de rastreamento.

Outro fator que deve ser destacado é a alta prevalência de níveis anormais de PA (9,78% das crianças e 15,93% nos adolescentes). Tal fato se deve a dois fatores principais: o método de estudo baseado em aferição única e o local onde os dados foram obtidos. Em relação à aferição única, já foi demonstrado que estudos baseados nesse método apresentam uma prevalência elevada de níveis anormais de PA, que tende a diminuir com múltiplas aferições<sup>(12)</sup>. Já o local de obtenção dos dados foi uma clínica de cardiologia pediátrica, onde usualmente crianças são encaminhadas devido a hipertensão. Isto pode elevar a quantidade de crianças com pressão arterial elevada em relação a população geral.

A aferição da PA em crianças é recomendada desde os três anos de idade<sup>(10)</sup>. A identificação da criança como pré-hipertensa sugere modificações no estilo de vida para evitar hipertensão futura, enquanto o diagnóstico de hipertensão pode indicar o tratamento medicamentoso e investigação de causas secundárias. Nesse estudo, foram excluídas as crianças abaixo dos cinco anos para permitir a comparação com a razão entre PA e altura, já que até o momento não foram descritos pontos de corte para essa faixa etária.

Neste estudo, a aferição da PA de acordo com *guideline* recente<sup>(10)</sup> foi considerada o padrão ouro. Entretanto, existem outros métodos mais eficientes na detecção de HAS (como o MAPA), porém geralmente são custosos e reservados para casos específicos, não sendo utilizados em termos populacionais. Por outro lado, mesmo exigindo baixa tecnologia na maioria das vezes, o subdiagnóstico de HAS em crianças e adolescente é frequente<sup>(3)</sup>. Um dos fatores primordiais para tal é a necessidade de associação entre diversas tabelas de percentis, o que exige uma maior demanda de tempo e, assim, geralmente deixada de lado frente à

relativa baixa prevalência de HAS na população pediátrica. Numa tentativa de simplificar o diagnóstico de pressão arterial elevada, diversos métodos foram propostos para o rastreamento desta condição<sup>(4,6-8)</sup>.

Neste estudo foram comparados cinco desses métodos. Três baseados na utilização de tabelas simplificadas, um utilizando equações matemáticas e outro à relação entre PA e altura. Esse último foi inicialmente proposto por Lu<sup>(4)</sup>, mas foram utilizados os valores propostos por Guo<sup>(11)</sup>. Isso correu pela presença, neste último, de: pontos de corte estabelecidos para a faixa etária de 5 aos 13 anos e pontos de corte para pré-hipertensão.

As tabelas propostas por Charlene e Kaelber possuem o mesmo princípio, ou seja, buscam correlacionar uma PAS e PAD limite de acordo com a idade e gênero. A diferença é que a primeira possui menor quantidade de variáveis, pois abrange intervalos de idade de três anos. Já a segunda determina uma PAS e PAD limite para cada ano de acordo com o gênero. Pode se esperar, a partir disso, uma menor especificidade da tabela proposta por Charlene, fato observado na tabela 3.

Por outro lado, a tabela proposta por Ardissino procura correlacionar a altura com uma PAS e PAD limite de acordo com o gênero. Nota-se que todas as tabelas descritas eliminam uma das variáveis utilizadas. Charlene e Kaelber eliminaram a altura, enquanto Ardissino eliminou a idade. Entretanto, a sensibilidade deste último foi muito inferior quando comparada aos outros métodos que utilizam tabela em ambas as faixas etárias. Esse fato, porém, não está relacionado com a escolha da variável altura, mas sim pela utilização das definições propostas num *guideline* anterior<sup>(13)</sup>, publicado em 1996. Nele, a PA localizada entre os percentis 90 e 95 era considerada normal-alta, sendo anormalidade definida apenas a partir do percentil 95. Logo, a tabela proposta por Ardissino utiliza os valores localizados neste percentil como PA mínima para rastreamento positivo. Esse fato justifica, também, o aumento da sensibilidade,

especificidade e acurácia desta tabela quando consideramos a identificação de níveis pressóricos hipertensivos.

Fato semelhante ocorreu com as equações de Somu. Elas foram criadas a partir de uma análise de regressão do percentil 95 da PA considerando o percentil 50 para altura em ambos os gêneros. Então, as equações criadas encontram o valor para o percentil 95 para PA a partir da idade. De acordo com os resultados demonstrados na tabela 3, percebe-se que há uma sensibilidade muito baixa desse método na identificação da pré-hipertensão, fato não observado quando a hipertensão é considerada.

Já a razão entre PA e altura, proposta por Lu, foi o método mais recentemente proposto, sendo paulatinamente validado em diversas populações<sup>(14-16)</sup>. Apresentou bons níveis de sensibilidade em ambas às faixas etárias, tanto para o diagnóstico de pré-hipertensão como para HAS, demonstrando ser uma boa ferramenta de triagem. Entretanto, sua especificidade apresentou níveis insatisfatórios em crianças, o que diminui bastante sua acurácia nesses pacientes. Lembrando que, apesar de um bom teste de rastreamento deva possuir um alto nível de sensibilidade, um erro diagnóstico pode levar a implicações psicológicas para os pacientes e seus responsáveis<sup>(17)</sup>. Tal fato deve ser considerado principalmente quando há métodos com sensibilidades semelhantes e especificidades distintas, situação na qual o de maior especificidade deve ser preferido.

Quando os resultados de diferentes métodos de rastreamento são considerados, é percebido que as tabelas propostas por Kaelber e Charlene apresentam melhores resultados na identificação de níveis pré-hipertensivos em crianças, com melhor desempenho da primeira.

Em adolescentes, por sua vez, a razão entre PA e altura apresenta resultados similares.

Na identificação de níveis hipertensivos, entretanto, todos os métodos apresentaram resultados satisfatórios, sendo a razão entre PA e altura mais eficaz em adolescentes do que

em crianças. A tabela proposta por Charlene, nesse caso, apresentou a menor acurácia em ambos os grupos.

Considerando apenas esses resultados, pode-se concluir que a tabela proposta por Kaelber apresenta os melhores resultados de sensibilidade e acurácia para ser utilizada no rastreamento de pré-hipertensão e HAS. Entretanto, a necessidade de utilizar uma tabela pré-definida pode ser um empecilho para a realização do mesmo. Nesse contexto, a razão da PA e altura pode ser considerada uma opção viável em adolescentes. Outra vantagem de tal método é que exige a memorização de poucos pontos de corte, sendo possível sua utilização sem um dispositivo específico.

Adicionalmente, deve-se lembrar de que estes testes de rastreamento servem para facilitar a identificação de crianças e adolescentes com distúrbios da pressão arterial. Dessa forma, é extremamente recomendável a utilização destes para identificar níveis pré-hipertensivos e superiores com posterior confirmação dos resultados positivos com as tabelas de percentis. Desta forma, é garantida uma busca eficiente com disponibilização do tratamento adequado.

Logo, de acordo com o exposto, pode-se concluir que o rastreamento deve focar na busca de níveis pressóricos de pré-hipertensão ou superiores. Os melhores métodos para tal são as tabelas propostas por Kaelber e Charlene para crianças, enquanto a razão de PA e altura mostra níveis muito bons em adolescentes. Além disso, este último método exige a memorização de poucos pontos de corte, o que é uma vantagem na sua utilização.

#### Referências Bibliográficas

1. Toscano C. As campanhas nacionais para detecção das doenças crônicas não-transmissíveis: diabetes e hipertensão arterial. *Ciênc Saúde Coletiva*. 2004; 885–95.
2. Feber J, Ahmed M. Hypertension in children: new trends and challenges. *Clin Sci (Lond)*. 2010 Aug;119(4):151–61.
3. Hansen ML, Gunn PW, Kaelber DC. Underdiagnosis of hypertension in children and adolescents. *JAMA*. 2007 Aug 22;298(8):874–9.
4. Lu Q, Ma CM, Yin FZ, Liu BW, Lou DH, Liu XL. How to simplify the diagnostic criteria of hypertension in adolescents. *J Hum Hypertens*. 2011 Mar;25(3):159–63.
5. Chiolero A, Paradis G. User-friendly tools to identify elevated blood pressure in children. *Paediatr Child Health*. 2013 Feb;18(2):63–4.

6. Somu S, Sundaram B, Kamalanathan a N. Early detection of hypertension in general practice. *Arch Dis Child.* 2003 Apr;88(4):302.
7. Mitchell CK, Theriot JA, Sayat JG, Muchant DG, Franco SM. A simplified table improves the recognition of paediatric hypertension. *J Paediatr Child Health.* 2011 Jan;47(1-2):22–6.
8. Kaelber DC, Pickett F. Simple table to identify children and adolescents needing further evaluation of blood pressure. *Pediatrics.* 2009 Jun;123(6):e972–4.
9. Ardissino G, Bianchetti M, Braga M, Calzolari A, Daccò V, Fossalis E, et al. [Recommendations on hypertension in childhood: the Child Project]. *Ital Heart J Suppl.* 2004 May;5(5):398–412.
10. Village G. The Fourth Report on the Diagnosis, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure in Children and Adolescents. *Pediatrics.* 2004;114:555–76.
11. Guo X, Zheng L, Li Y, Zhang X, Yu S, Sun Y. Blood pressure to height ratio: A novel method for detecting hypertension in paediatric age groups. *Paediatr Child Health.* 2013 Feb;18(2):65–9.
12. Salgado CM, Carvalhaes JT de A. Hipertensão arterial na infância. *J Pediatr (Rio J).* 2003 Jun;79:S115–S124.
13. Update on the 1987 Task Force Report on High Blood Pressure in Children and Adolescents: a working group report from the National High Blood Pressure Education Program. National High Blood Pressure Education Program Working Group on Hypertension Control i. *Pediatrics.* 1996 Oct;98(4 Pt 1):649–58.
14. Galescu O, George M, Basetty S, Predescu I, Mongia A, Ten S, et al. Blood Pressure over Height Ratios: Simple and Accurate Method of Detecting Elevated Blood Pressure in Children. *Int J Pediatr.* 2012 Jan;2012:253497.
15. Ejike CECC, Yin FZ. Blood pressure-to-height ratio simplifies the diagnosis of hypertension in Nigerian children. *J Trop Pediatr.* 2013 Apr;59(2):160–1.
16. Rabbia F, Rabbone I, Totaro S, Testa E, Covella M, Berra E, et al. Evaluation of blood pressure/height ratio as an index to simplify diagnostic criteria of hypertension in Caucasian adolescents. *J Hum Hypertens.* 2011 Oct;25(10):623–4.
17. Totaro S, Rabbia F, Rabbone I, Covella M, Berra E, Fulcheri C, et al. Comparison among Different Screening Tests for Diagnosis of Adolescent Hypertension. *ISRN Hypertens.* 2013;2013:1–3.

Tabela 1: Diferentes métodos de rastreamento de distúrbios da pressão arterial em crianças e adolescentes

<b>Tabela proposta por Charlene modificada<sup>(7)</sup></b>				
Pressão arterial Sistólica (mmHg)		Pressão arterial Diastólica (mmHg)		
		Entre 3 e 6 anos		
≥100		>60		
		Entre 6 e 9 anos		
≥105		>70		
		Entre 9 e 12 anos		
≥110		>75		
		Entre 12 e 15 anos		
≥115		>75		
		Maior ou igual a 15 anos		
≥120		≥80		
<b>Tabela proposta por Kaelber modificada<sup>(8)</sup></b>				
Idade em anos	Pressão Arterial (mmHg)			
	Gênero Masculino		Gênero Feminino	
	Sistólica/Diastólica		Sistólica/Diastólica	
3	100/59		100/61	
4	102/62		101/64	
5	104/65		103/66	
6	105/68		104/68	
7	106/70		106/69	
8	107/71		108/71	
9	109/72		110/72	
10	111/73		112/73	
11	113/74		114/74	
12	115/74		116/75	
13	117/75		117/76	
14	120/75		119/77	
15	120/76		120/78	
16	120/78		120/78	
17	120/80		120/78	
≥18	120/80		120/80	
<b>Tabela proposta por Ardissino modificada<sup>(9)</sup></b>				
Altura em cm	Pressão Arterial (mmHg)			
	Gênero Masculino		Gênero Feminino	
	Sistólica	Diastólica	Sistólica	Diastólica
55	97	70	99	70
60	106	68	108	68
70	110	69	111	70
80	104	59	105	60
90	108	63	107	64
100	110	67	108	68

<b>110</b>	113	73	110	72	
<b>120</b>	115	79	113	76	
<b>130</b>	117	82	117	79	
<b>140</b>	120	83	119	81	
<b>150</b>	124	85	123	83	
<b>160</b>	127	85	127	85	
<b>170</b>	127	85	127	85	
<b>180</b>	127	85	127	85	
<b>190</b>	127	85	-	-	
<b>Fórmulas de Somu<sup>(6)</sup></b>					
<b>Pressão Arterial</b>	<b>Idade</b>		<b>Fórmula</b>		
<b>Sistólica (mmHg)</b>	Entre 1 e 17 anos		100+(idade em anos x 2)		
<b>Diastólica (mmHg)</b>	Entre 1 e 11 anos		60+(idade em anos x 2)		
	Entre 11 e 17 anos		70+(idade em anos)		
<b>Razão PA e altura<sup>(4)</sup></b>					
<b>Faixa etária</b>	<b>Pressão Arterial</b>	<b>Pontos de Corte<sup>(11)</sup></b>			
		<b>Masculino</b>		<b>Feminino</b>	
		<b>Pré-hipertensão</b>	<b>HAS</b>	<b>Pré-hipertensão</b>	<b>HAS</b>
<b>Entre 5 e 13 anos</b>	Sistólica	0,81	0,84	0,77	0,83
	Diastólica	0,50	0,54	0,50	0,53
<b>Entre 13 e 18 anos</b>	Sistólica	0,71	0,77	0,73	0,79
	Diastólica	0,46	0,48	0,48	0,51

Legenda: HAS=Hipertensão Arterial Sistêmica; PA=Pressão Arterial.

Tabela 2: Médias da idade, peso, altura, pressão arterial sistólica e pressão arterial diastólica por faixa etária e gênero.

	5 --13 anos		13 --18 anos	
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
<b>Idade (anos)</b>	8,84 (DP=2,29)	8,90 (DP=2,25)	14,57 (DP=1,14)	14,77 (DP=1,33)
<b>Peso (kg)</b>	33,90 (DP=12,38)	33,38 (DP=12,28)	57,35 (DP=14,56)	53,45 (DP=12,86)
<b>Altura (cm)</b>	133,28 (DP=14,37)	133,32 (DP=15,25)	164,40 (DP=11,20)	158,77 (DP=6,89)
<b>PAS (mmHg)</b>	101,45 (DP=10,02)	100,93 (DP=9,67)	108,65 (DP=12,23)	108,65 (DP=12,23)
<b>PAD (mmHg)</b>	62,30 (DP=8,25)	62,12 (DP=8,02)	68,43 (DP=8,09)	67,18 (DP=9,25)

Legenda: DP=Desvio padrão; PAD=Pressão Arterial Diastólica; PAS=Pressão Arterial Sistólica.

Tabela 3: Sensibilidade, especificidade e acurácia dos testes.

	5 --13 anos			13 --18 anos		
	Sens.	Espec.	Acu.	Sens.	Espec.	Acu.
<b>PA ≥ Percentil 90 para sexo, idade e altura</b>						
<b>Ardisino e colaboradores</b>	63,65%	99,82%	96,09%	60,68%	99,68%	93,65%
<b>Charlene e colaboradores</b>	97,20%	77,48%	79,52%	97,43%	84,68%	86,65%
<b>Kaelber e colaboradores</b>	97,20%	88,30%	89,22%	97,43%	91,25%	92,20%
<b>Lu e colaboradores</b>	93,76%	64,25%	67,30%	99,14%	85,46%	87,58%
<b>Somu e colaboradores</b>	58,49%	99,77%	95,51%	51,28%	100%	92,47%
<b>PA ≥ Percentil 95 para sexo, idade e altura</b>						
<b>Ardisino e colaboradores</b>	89,92%	98,53%	98,02%	91,80%	97,55%	97,09%
<b>Charlene e colaboradores</b>	96,26%	73,94%	75,27%	96,72%	78,01%	79,52%
<b>Kaelber e colaboradores</b>	95,52%	84,22%	84,89%	96,72%	84,05%	85,07%
<b>Lu e colaboradores</b>	91,79%	77,61%	78,45%	95,08%	91,66%	91,94%
<b>Somu e colaboradores</b>	84,32%	98,70%	97,84%	85,24%	98,85%	97,75%

Legenda: PA=Pressão arterial.

Tabela 4: Razão de verossimilhança positiva e negativa e valor preditivo positivo e negativo dos testes

	5 --13 anos				13 --18 anos			
	RVP	RVN	VPP	VPN	RVP	RVN	VPP	VPN
	<b>PA ≥ Percentil 90</b>							
<b>Ardisino e colaboradores</b>	367,11	0,36	97,69%	95,98%	194,19	0,39	97,26%	93,27%
<b>Charlene e colaboradores</b>	4,32	0,04	33,21%	99,59%	6,36	0,03	53,77%	99,45%
<b>Kaelber e colaboradores</b>	8,31	0,03	48,92%	99,64%	11,14	0,03	67,06%	99,49%
<b>Lu e colaboradores</b>	3,93	0,25	31,16%	97,19%	23,27	0,20	81,03%	96,41%
<b>Somu e colaboradores</b>	262,38	0,42	96,80%	95,43%	*	0,49	100%	91,82%
	<b>PA ≥ Percentil 95</b>							
<b>Ardisino e colaboradores</b>	61,41	0,10	79,54%	99,36%	37,59	0,08	76,71%	99,27%
<b>Charlene e colaboradores</b>	3,70	0,05	18,96%	99,68%	4,40	0,04	27,83%	99,63%
<b>Kaelber e colaboradores</b>	6,05	0,05	27,71%	99,66%	6,06	0,04	34,71%	99,66%
<b>Lu e colaboradores</b>	4,10	0,11	20,60%	99,33%	11,41	0,05	50,00%	99,53%
<b>Somu e colaboradores</b>	64,92	0,16	80,43%	99,00%	74,16	0,15	86,67%	98,71%

Legenda: PA= Pressão Arterial; RVN= Razão de verossimilhança negativa; RVP=Razão de verossimilhança positiva; VPN=valor preditivo negativo; VPP=valor preditivo positivo; \* = não foi possível calcular.

## ***CAPÍTULO II***

## **CAPÍTULO II – A Modified Blood Pressure to Height Ratio Improves Accuracy for Hypertension in Childhood**

Publicado na revista “American Journal of Hypertension”.

Fator de impacto: 3.402 (2013)

Dear Dr. Mourato,

I am pleased to inform you that your submission titled "A modified blood pressure/height ratio formula improves accuracy for detection of hypertension in childhood." has been accepted for publication. Your contribution will help the American Journal of Hypertension maintain its status as a forum for scientific inquiry of the highest standard.

You will be contacted by our publisher, Oxford University Press (OUP), by email regarding License to Publish, color authorization, Open Access, and offprint forms. All forms should be completed online through OUP's Author Services site. You will also receive instructions for viewing and returning your galley proofs. Please be sure to return them to the publisher within two business days.

If eligible, your paper will be published online after your corrections have been made, in advance of print publication. Once your paper has been published online, you will receive an email containing a free-access link to the published article, which can be distributed to colleagues.

Thank you for submitting your research to the American Journal of Hypertension. I look forward to receiving your future manuscripts.

Sincerely,

THEODORE A. KOTCHEN, M.D.

Co-Executive Editor

## A Modified Blood Pressure to Height Ratio Improves Accuracy for Hypertension in Childhood

Felipe A. Mourato,<sup>1,2</sup> Wilson Nadruz Jr,<sup>2,3</sup> Lucia R.D.N. Moser,<sup>1</sup> José L. de Lima Filho,<sup>2</sup> and Sandra S. Mattos<sup>1,2</sup>

### BACKGROUND

The blood pressure to height ratio (BP:HT) has been proposed as a simple method for identifying children with elevated BP. This procedure shows good accuracy for the screening of hypertension in adolescents but less so in younger children. Our aim in this study was to modify the BP:HT ratio and determine if this change would increase accuracy when measuring hypertension during childhood.

### METHODS

BP levels of 4,327 children (aged 5–12 years) were retrospectively obtained from medical charts. The modified ratio (BT:HT13) was calculated as:  $BP/(HT + 7 \times (13 - \text{age in years}))$ . Receiver operating characteristic curves were used to estimate cutoff points and the accuracy of the conventional and modified ratio to detect prehypertension and hypertension.

### RESULTS

The prevalences of prehypertension and hypertension were 3.91% and 5.44%, respectively. In general, BP:HT13 showed higher sensitivity (ranging from 0.95 to 1.00) and specificity (ranging from 0.80 to 0.98) in detecting prehypertension, level I hypertension, and level II hypertension than BP:HT (sensitivity ranging from 0.91 to 1.00; specificity ranging from 0.59 to 0.89).

### CONCLUSIONS

The modified BP:HT13 ratio showed better sensitivity and specificity for the screening of BP abnormalities in children aged 5–12 years.

**Keywords:** blood pressure; diagnosis; hypertension; mass screening; pediatrics.

doi:10.1093/ajh/hpu159

Systemic arterial hypertension is not only an important cause of cardiovascular events, it is also a major cause of morbidity and mortality in adults. This type of hypertension is less frequent in children and adolescents; however, its incidence has been increasing due to changes in lifestyle and increasing obesity rates in these age groups.<sup>1,2</sup>

For this reason, consensus organizations strongly recommend checking children's blood pressure (BP) starting at age 3 years.<sup>3,4</sup> However, the classification of BP levels in children is not an easy task, as cutoff points are determined from a combination of variables including gender, height, and age.<sup>4,5</sup>

Different methods have been proposed to simplify the diagnosis of high BP in children and adolescents.<sup>6–8</sup> One method, the ratio between BP and height (BP:HT), demonstrated high sensitivity and specificity from cutoff points determined by receiver operating characteristic (ROC) curves.<sup>6,9–12</sup> However, its sensitivity and specificity were lower in younger children when compared with adolescents.<sup>10</sup> We hypothesized that this limitation could be a function of fast growth rates in childhood, which would hinder the acquisition of good cutoff points for different age groups. Since somatic growth rates tend to flatten around age 13 years in girls and age 16 years in boys,<sup>13,14</sup> we decided to standardize the BP:HT ratio to estimated height at age 13 years.

In this study, our aim was to evaluate the sensitivity and specificity of the modified BP:HT ratio and compare results obtained with the conventional and modified ratios.

### METHODS

#### Study population

This was a retrospective study based on the analysis of medical records for 17,083 children attending a pediatric cardiology clinic in northeast Brazil. Exclusion criteria included the lack of information on 1 of the following: height, weight, systolic BP (SBP), diastolic BP (DBP), gender, or age. A total of 4,327 children, aged 5–12 years, were selected. Among them, 3,505 (81%) had no evidence of heart disease on physical examination or echocardiogram. The Ethics Committee of the Oswaldo Cruz Hospital Complex approved the study.

Prenhypertension and levels I and II hypertension were defined according to the Fourth Report on the Diagnosis, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure in Children and Adolescents<sup>5</sup> and were considered the gold standard criteria. According to this report, prehypertension is defined as a SBP or DBP equal or greater than the 90th percentile but less than the 95th percentile; level I hypertension is defined as BP

Correspondence: Felipe A. Mourato (felipe.a.mourato@gmail.com).

Initially submitted April 2, 2014; date of first revision May 8, 2014; accepted for publication July 14, 2014.

<sup>1</sup>Círculo do Coração de Pernambuco, Pernambuco, Brazil; <sup>2</sup>Laboratório de Imunopatologia Kelzo Asami, Pernambuco, Brazil; and <sup>3</sup>Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brazil.

© American Journal of Hypertension, Ltd 2014. All rights reserved. For Permissions, please email: journals.permissions@oup.com

Mourato et al.

equal to or greater than the 95th percentile and less than the 99th percentile + 5 mm Hg; and level II hypertension is defined as BP greater than the 95th percentile + 5 mm Hg. Overweight was defined as a body mass index (BMI) between the 85th and 95th percentiles, whereas obesity was defined as a BMI equal to or greater than the 95th percentile. All patients had their BP checked with aneroid sphygmomanometers (BIC, Itupeva, Brazil), with appropriate cuff sizes, the inflatable bladder length encircling 80%–100% of the arm circumference, and the bladder width encircling 40%–50% of the arm circumference. The auscultatory method was used. BP was checked after a 10-minute rest in the right arm and with the child sitting down. Only 1 BP check was obtained per child. Height was measured with a stadiometer (Caumaq 101PL, Cachoeira do Sul, Brazil) and weight was measured with an electronic scale (Black&Decker BK30, Shandong, China). BP level was expressed in mm Hg and height in centimeters.

In a previous report,<sup>6</sup> the following equations were used to determine the ratio between BP and height: ratio of SBP for height (SBP:HT) and ratio of DBP for height (DBP:HT). For the modified ratio, we adopted the following equations: ratio of SBP for estimated height at age 13 years (SBP:eHT13) and ratio of DBP for estimated height at age 13 years (DBP:eHT13). Estimated height at age 13 years was determined as: height (cm) + 7 \* (13 – age in years).

#### Statistical analysis

Descriptive statistical results are given as means and standard deviations. ROC curves were built for each SBP:HT, DBP:HT, SBP:eHT13, and DBP:eHT13 ratio. The curves were used to evaluate how well ratios would identify individuals with normal or elevated BP when compared with the gold standard method.<sup>5</sup> The gold standard method is based on the determination of the age and height percentile and, after acquisition of the SBP and DBP percentiles,

according to the height percentile, with different charts for each gender. Subsequently, the results obtained using BP:HT and BP:eHT13 were compared using the method proposed by Hanley and McNeil,<sup>15</sup> which calculates the difference between 2 ROC curves using the number of positive cases, negative cases, and area under the curve (AUC) for each one. The 2 ratios in the lowermost and uppermost heights (below the 10th or above the 90th percentiles), as well as in different BMI classifications, were also compared. A multivariate logistic regression analysis for the binary outcome of childhood hypertension to determine the independent predictive ability of BP:eHT13 as well as BP:HT indices after adjusting for age and body weight (BMI classification) was performed. Due to the longer male growth spurt, a comparison between a ratio using the estimated height at age 16 years (eHT16 = 7 \* (16 – age)) and the estimated height at age 13 years was also performed for males. The  $\chi^2$  test was performed to compare categorical variables. A *P* value <0.05 was considered significant. All analyses were performed with MedCalc 13.0 software (Ostend, Belgium).

#### RESULTS

Table 1 summarizes the patients' characteristics. The prevalence of prehypertension was 3.91%, whereas that of hypertension was 5.44% (4.28% level I and 1.16% level II) in the sample studied. These values were similar between girls (3.85% prehypertension, 4.40% level I hypertension, and 1.17% level II hypertension) and boys (3.50% prehypertension, 4.18% level I hypertension, and 1.14% level II hypertension).

The sample showed a high prevalence of obesity (22.28%) and being overweight (16.76%). There was a significant influence of BMI on the prevalence of hypertension. The group with normal weight had lower prevalence of hypertension (2.5% prehypertension, 2.0% hypertension) compared with

Table 1. Characteristics of the studied population

Characteristic	All participants		Participants with prehypertension		Participants with hypertension	
	Female	Male	Female	Male	Female	Male
Total	1,794	2,533	69	100	100	135
Age, y	8.52 (2.02)	8.44 (2.05)	8.84 (2.23)	8.74 (2.31)	8.73 (1.95)	8.32 (1.94)
Weight, kg	31.82 (11.27)	32.47 (11.44)	38.91 (15.63)	40.18 (17.16)	40.68 (14.55)	39.6 (16.40)
Height, cm	131.10 (14.13)	131.10 (13.12)	135.33 (18.09)	133.8 (17.29)	133.56 (14.62)	130.50 (13.95)
Body mass index, kg/m <sup>2</sup>	18.05 (3.79)	18.41 (3.84)	20.37 (4.58)	21.39 (5.42)	25.34 (5.03)	26.36 (5.13)
SBP, mm Hg	100.36 (9.54)	100.92 (9.65)	113.37 (7.12)	113.52 (7.45)	122.15 (10.58)	124.00 (11.24)
DBP, mm Hg	61.76 (7.85)	62.03 (8.16)	71.88 (7.28)	74.30 (8.85)	78.95 (7.91)	78.72 (10.34)
SBP:HT, mm Hg/cm	0.77 (0.09)	0.78 (0.09)	0.84 (0.09)	0.85 (0.09)	0.92 (0.10)	0.95 (0.08)
DBP:HT, mm Hg/cm	0.47 (0.07)	0.48 (0.07)	0.53 (0.06)	0.56 (0.06)	0.59 (0.07)	0.60 (0.08)
SBP:eHT13, mm Hg/cm	0.62 (0.06)	0.62 (0.06)	0.69 (0.05)	0.69 (0.04)	0.75 (0.08)	0.76 (0.07)
DBP:eHT13, mm Hg/cm	0.38 (0.05)	0.38 (0.05)	0.43 (0.04)	0.45 (0.04)	0.48 (0.06)	0.48 (0.01)

Data are presented as mean (standard deviation).

Abbreviations: DBP, diastolic blood pressure; DBP:eHT13, ratio of diastolic blood pressure for estimated height at age 13 years; DBP:HT, ratio of diastolic blood pressure for height; SBP, systolic blood pressure; SBP:eHT13, ratio of systolic blood pressure for estimated height at age 13 years; SBP:HT, ratio of systolic blood pressure for height.

those who were overweight (4.0% prehypertension with  $P = 0.086$ ; 5.52% hypertension with  $P < 0.01$ ) and with obesity (7.78% prehypertension with  $P < 0.01$ ; 14.10% hypertension with  $P < 0.01$ ).

Table 2 shows the AUCs for both BP:HT and BP:eHT13, with the respective cutoff points. The respective ROC curves are shown in Supplementary Figures 1–6. It was not possible to identify an ideal cutoff point to differentiate between the 95th and the 99th percentile + 5 mm Hg for both genders by BP:HT. BP:eHT13 demonstrated a higher AUC in comparison with BP:HT in almost all scenarios, even when the respective confidence intervals were considered. The comparison between the curves was shown to be statistically significant for the identification of BP levels above the 90th percentile. Likewise, BP:eHT13 showed a higher sensitivity and specificity to establish the diagnosis of prehypertension, level I hypertension, and level II hypertension in comparison with BP:HT in both genders (Table 3). A comparison of the prevalence of hypertension according to both ratios demonstrated that BP:eHT13 was the most similar to the gold standard criteria (Table 4).

BP:eHT13 also demonstrated better sensitivity and specificity for all BMI categories (Supplementary Table 1). Within the lowermost and uppermost heights, there was no statistically significant difference for those below the 10th percentile; however, BP:eHT13 showed better sensitivity and specificity beyond the 90th percentile (Supplementary Table 2). Logistic regression analysis adjusted for age and BMI showed that BP:eHT13 exhibited a stronger association with the diagnosis of hypertension than did BP:HT

(Supplementary Table 3). In addition, there were no statistically significant differences between BP:eHT13 and BP:eHT16 in males (Supplementary Table 4).

## DISCUSSION

It is not easy to diagnose hypertension in children, as the cutoff points are determined from a combination of variables including gender, height, and age.<sup>4,5</sup> In this context, different methods have been proposed to simplify this diagnosis.<sup>6–8</sup> BP:HT has been described as attaining high sensitivity and specificity levels in adolescents.<sup>6,9,10,12</sup> This approach has some advantages such as good correlation with both SBP and DBP values and the avoidance of possible diagnostic mistakes from the use of too many variables/charts.<sup>4</sup> Some studies expanded its use to younger age groups; however, the observed sensitivity and specificity were lower than those reported in adolescents.<sup>10</sup>

To date, there has been no plausible explanation for why BP:HT is more efficient for adolescents than for children. However, if one looks carefully at a growth chart, it is clear that it assumes an ascending characteristic between the ages of 2 years and 13 years in girls and age 16 years<sup>13</sup> in boys to subsequently reach a more constant tendency. This is due to the fact that most females reach their full height at approximately age 13 years, whereas this occurs in males at approximately age 16 years, with clearly fading, slow growth rates afterward.<sup>14</sup> As BP levels do not increase at the same rate during that period of life, this may interfere with the establishment of more accurate cutoff limits based on the BP:HT

Table 2. Comparison of “area under the curve” between both methods by gender

Blood Pressure percentiles	Number of patients	Sensitivity/ Specificity (%)	Cutoff point	Blood pressure to height ratio		Blood pressure to estimated height at age 13 years ratio		P value Comparison
				AUC		Sensitivity/ Specificity	Cutoff point	
<b>Male</b>								
SBP ≥ 90th	167	95.2/78.1	>0.82	0.943 (CI, 0.934–0.952)	98.2/89.5	>0.67	0.980 (CI, 0.973–0.985)	0.011
DBP ≥ 90th	170	92.9/82.7	>0.52	0.952 (CI, 0.943–0.960)	97.1/92.7	>0.43	0.988 (CI, 0.983–0.992)	0.005
SBP ≥ 95th	111	95.5/89.9	>0.87	0.967 (CI, 0.960–0.974)	97.3/93.6	>0.69	0.987 (CI, 0.982–0.991)	0.15
DBP ≥ 95th	77	96.1/92.6	>0.56	0.985 (CI, 0.980–0.990)	98.7/94.8	>0.45	0.988 (CI, 0.983–0.992)	0.81
SBP ≥ 99th + 5 mm Hg	27	100/87.1	>0.87	0.973 (CI, 0.965–0.979)	100/98.3	>0.76	0.997 (CI, 0.994–0.999)	0.29
DBP ≥ 99th + 5 mm Hg	9	100/98.6	>0.66	0.997 (CI, 0.995–0.999)	100/99.4	>0.54	0.998 (CI, 0.995–0.999)	0.54
<b>Female</b>								
SBP ≥ 90th	128	95.3/72.9	>0.80	0.924 (CI, 0.910–0.936)	98.4/87.2	>0.66	0.970 (CI, 0.961–0.977)	0.018
DBP ≥ 90th	112	94.6/74.5	>0.50	0.924 (CI, 0.905–0.943)	91.1/96.6	>0.43	0.981 (CI, 0.972–0.989)	0.003
SBP ≥ 95th	71	90.1/91.8	>0.88	0.957 (CI, 0.947–0.966)	94.4/93.2	>0.69	0.976 (CI, 0.967–0.982)	0.23
DBP ≥ 95th	68	92.6/90.7	>0.55	0.961 (CI, 0.951–0.970)	97.1/94.2	>0.44	0.984 (CI, 0.977–0.989)	0.24
SBP ≥ 99th + 5 mm Hg	19	94.7/89.4	>0.88	0.967 (CI, 0.957–0.974)	100/98.5	>0.77	0.995 (CI, 0.990–0.998)	0.36
DBP ≥ 99th + 5 mm Hg	5	80.0/98.8	>0.65	0.940 (CI, 0.928–0.950)	80/99.5	>0.55	0.941 (CI, 0.929–0.951)	0.64

Abbreviations: AUC, area under the curve; CI, confidence interval; DBP, diastolic blood pressure; SBP, systolic blood pressure.

Mourato et al.

**Table 3.** Cutoff point, sensitivity, and specificity of blood pressure to height ratio and blood pressure to estimated height at age 13 years ratio by hypertension level

Tests results	Prehypertension and higher		Level I hypertension and higher		Level II hypertension	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Number of patients	235	169	135	100	29	21
Blood pressure to height ratio						
Cutoff point	0.82/0.52	0.80/0.5	0.87/0.56	0.88/0.55	0.87/0.66	0.88/0.65
Sensitivity, %	95.32	96.45	96.30	91.00	100	90.48
Specificity, %	71.76	64.55	86.45	85.89	86.45	88.72
PLR	3.38	2.72	7.11	6.45	7.43	8.02
NLR	0.07	0.05	0.04	0.10	0.00	0.11
PPV, %	25.66	22.06	28.57	27.58	7.92	8.68
NPV, %	99.34	99.43	99.76	99.39	100	99.87
Blood pressure to estimated height at age 13 years ratio						
Cutoff point	0.67/0.43	0.66/0.43	0.69/0.45	0.69/0.44	0.76/0.54	0.77/0.55
Sensitivity, %	98.30	97.04	98.52	97.00	100	95.24
Specificity, %	84.38	82.46	90.49	89.79	98.00	98.31
PLR	6.29	5.53	10.36	9.5	50.08	56.29
NLR	0.02	0.04	0.02	0.03	0.00	0.05
PPV, %	39.15	36.53	36.84	35.93	36.71	40.00
NPV, %	99.79	99.63	99.91	99.8	100	99.94

Cutoff points are relative to systolic and diastolic blood pressure, respectively.

Abbreviations: NLR, negative likelihood ratio; NPV, negative predictive value; PLR, positive likelihood ratio; PPV, positive predictive value.

**Table 4.** Cross tabulations between gold standard, blood pressure to height ratio, and blood pressure to estimated height at age 13 years

BP classification	Blood pressure to height formulae	Gold standard		X <sup>2</sup> Corrected	P value	Comparison between the tests	
		Positive cases	Negative cases				
Prehypertension and higher	BP/eHT13	Positive cases	395	644	1,324.2	P < 0.01	Sensitivity P value = 0.16
		Negative cases	9	3,279			
	BP/HT	Positive cases	387	1,225	650.5	P < 0.01	Specificity P value < 0.001
		Negative cases	17	2,698			
Hypertension	BP/eHT13	Positive cases	230	401	1,376.9	P < 0.01	Sensitivity P value = 0.06
		Negative cases	5	3,691			
	BP/HT	Positive cases	221	564	958.6	P < 0.01	Specificity P value < 0.001
		Negative cases	14	3,528			

Abbreviations: BP, blood pressure; HT, height; eHT13, estimated height at age 13 years.

AQ7

ratio. By adjusting for an estimated height at age 13 years, the formula's denominator is standardized, thus attenuating the impact of distinct rates of height and BP increase on the results of the original formula. This fact can facilitate the establishment of cutoff points, which would encompass

wider age intervals among children. With the adoption of an approximated equation for both genders, that is,  $(7 * (13 - \text{age}))$ , one further avoids the need for analysis of percentiles, reinforcing the previously mentioned advantages of a simple method. As males present longer growth spurts than females,

perhaps a similar formula with the height estimated to age 16 years could be used. However, we did not use it because the original BP:HT ratio has demonstrated good sensitivity and specificity beyond age 13 years<sup>10</sup> and because our population comprised children aged 5–12 years. Additionally, a comparison between ROC curves obtained using BP:eHT13 and BP:eHT16 was performed, and no statistically significant differences were found.

In general, the use of BP:eHT13 led to an enhanced ability to detect higher BP levels in comparison with BP:HT. Conversely, it was noteworthy that the cutoff points obtained using BP:eHT13 were very similar between genders, which may allow for the adoption of a single cutoff point for each level of BP abnormality. Although slight improvements in accuracy for the diagnosis of hypertension were achieved using BP:eHT13, this method can add some advantages from a clinical viewpoint. The need to analyze multiple percentile tables for every child examined is time consuming<sup>16</sup> considering that the vast majority do not present with elevated BP levels. With the adoption of this ratio, the examination of the vast majority of children may be based on the resolution of a simple equation, with no need to confirm the negative cases, given the high negative predictive value of BP:eHT13. The positive cases, in turn, would be submitted to the gold standard method, which would then be used only for those who would really require a more in-depth evaluation.

Some aspects of our study deserve further comments. First, the prevalence of systemic arterial hypertension in the children studied was similar to that reported in other studies performed in Brazil.<sup>17</sup> Second, there was a positive correlation between obesity and hypertension, a finding consistently demonstrated of other pediatric populations.<sup>18–21</sup>

This study is not without limitations. First, it was based on the retrospective analysis of data from patients' charts. Second, data charts were exclusively for children living in northeast Brazil, pointing to the need for additional studies in other populations to validate our findings. However, one must consider that due to the constant ratio between BP and height among different ethnic groups, it is possible that this method can be expanded to other populations without loss of accuracy.

In conclusion, we show that a modified BP:eHT13 ratio may increase the ability to accurately detect BP abnormalities in children aged 3–12 years in comparison with the conventional BP:HT ratio. These findings raise the hypothesis that this approach might be a more efficient screening technique for the diagnosis of elevated BP in childhood. Further studies in other populations are needed to confirm these findings.

#### DISCLOSURE

The authors declared no conflict of interest.

#### REFERENCES

1. Nasreddine L, Naja F, Akl C, Chamleh MC, Karam S, Sibai A-M, Hwalla N. Dietary, lifestyle and socio-economic correlates of overweight,

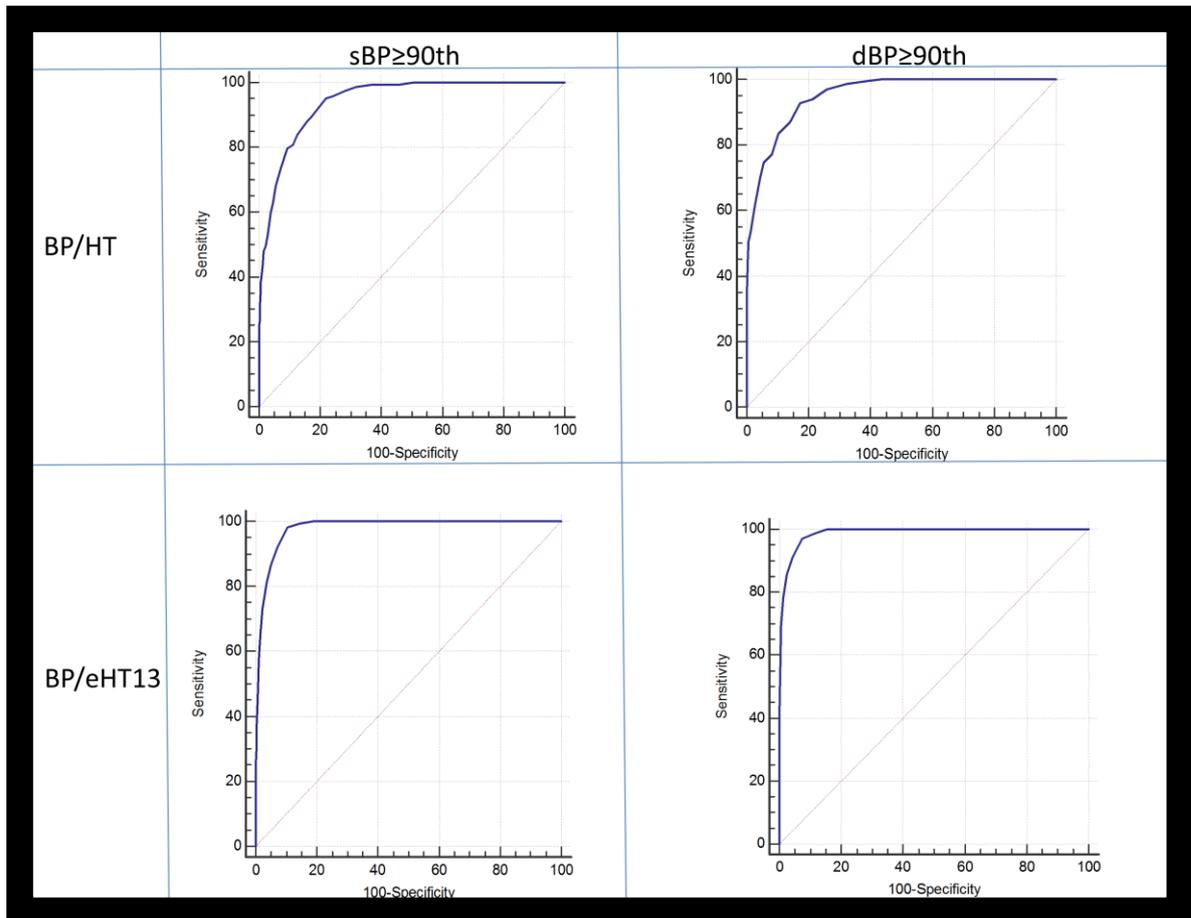
- obesity and central adiposity in Lebanese children and adolescents. *Nutrients* 2014; 6:1038–1062.
2. Moreira NF, Muraro AP, Brito F dos SB, Gonçalves-Silva RMV, Sichert R, Ferreira MG. Obesity: main risk factor for systemic arterial hypertension in Brazilian adolescents from a cohort study. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 2013; 57:520–526.
3. Expert Panel on Integrated Guidelines for Cardiovascular Health and Risk Reduction in Children and Adolescents, National Heart, Lung, and Blood Institute. Expert panel on integrated guidelines for cardiovascular health and risk reduction in children and adolescents: summary report. *Pediatrics* 2011; 128(suppl 5):S213–S256.
4. Lurbe E, Cifkova R, Cruickshank JK, Dillon MJ, Ferreira I, Invitti C, Kuznetsova T, Laurent S, Manca G, Morales-Olivas F, Rascher W, Redon J, Schaefer F, Seeman T, Stergou G, Wühl E, Zanchetti A. Management of high blood pressure in children and adolescents: recommendations of the European Society of Hypertension. *J Hypertens* 2009; 27:1719–1742.
5. National Heart, Lung, and Blood Institute. National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children and 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):555–576.
6. Lu Q, Ma CM, Yin FZ, Liu BW, Lou DH, Liu XL. How to simplify the diagnostic criteria of hypertension in adolescents. *J Hum Hypertens* 2011; 25:159–163.
7. Kaelber DC, Pickett F. Simple table to identify children and adolescents needing further evaluation of blood pressure. *Pediatrics* 2009; 123(6):e972–974.
8. Mitchell CK, Theriot JA, Sayat JG, Muchant DG, Franco SM. A simplified table improves the recognition of paediatric hypertension. *J Paediatr Child Health* 2011; 47:22–26.
9. Kelishadi R, Heshmati R, Ardalan G, Qorbani M, Taslimi M, Poursafa P, Keramaitan K, Taheri M, Motlagh M. First report on simplified diagnostic criteria for pre-hypertension and hypertension in a national sample of adolescents from the Middle East and North Africa: the CASPIAN-III study. *J Pediatr. Sociedade Brasileira de Pediatria* 2014; 90:85–91.
10. Guo X, Zheng L, Li Y, Zhang X, Yu S, Sun Y. Blood pressure to height ratio: a novel method for detecting hypertension in paediatric age groups. *Paediatr Child Health* 2013; 18:65–69.
11. Ejike CECC, Yin FZ. Blood pressure-to-height ratio simplifies the diagnosis of hypertension in Nigerian children. *J Trop Pediatr* 2013; 59(2):160–161.
12. Rabbia F, Rabbone I, Totaro S, Testa E, Covella M, Berra E, Bertello MC, Giota E, Cerutti F, Veglio F. Evaluation of blood pressure/height ratio as an index to simplify diagnostic criteria of hypertension in Caucasian adolescents. *J Hum Hypertens* 2011; 25:623–624.
13. De Onis M, Onyango AW, Borghi E, Styam A, Nishida C, Stekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ* 2007; 85:660–667.
14. Tanner JM, Davies PSW. Clinical longitudinal standards for height and height velocity for North American children. *J Pediatr* 1985; 107:317–329.
15. Hanley JA, McNeil BJ. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology* 1982; 143:29–36.
16. Hansen ML, Gunn PW, Kaelber DC. Underdiagnosis of hypertension in children and adolescents. *JAMA* 2007; 298:874–879.
17. Christofaro DGD, Andrade SM de, Fernandes RA, Cabrera MAS, RittiDias RM. Prevalência de pressão arterial elevada em crianças e adolescentes: revisão sistemática. *Rev Bras Saúde Matern Infant* 2011; 11:361–367.
18. Souza MGB de, Rrivera IR, Silva MAM da, Carvalho ACC. Relationship of obesity with high blood pressure in children and adolescents. *Arq Bras Cardiol* 2010; 94:714–719.
19. Ribetro J, Guerra S, Pinto A, Olivetra J, Duarte J, Mota J. Overweight and obesity in children and adolescents: relationship with blood pressure, and physical activity. *Ann Hum Biol* 2003; 30:203–213.
20. Plachta-Danielczak S, Landsberg B, Johannsen M, Lange D, Müller MJ. Association of different obesity indices with blood pressure and blood lipids in children and adolescents. *Br J Nutr* 2008; 100:208–218.
21. Falkner B. Children and adolescents with obesity-associated high blood pressure. *J Am Soc Hypertens* 2008; 2:267–274.

**A modified blood pressure/height ratio formula improves  
accuracy for detection of hypertension in childhood**

*Felipe Alves Mourato et al.*

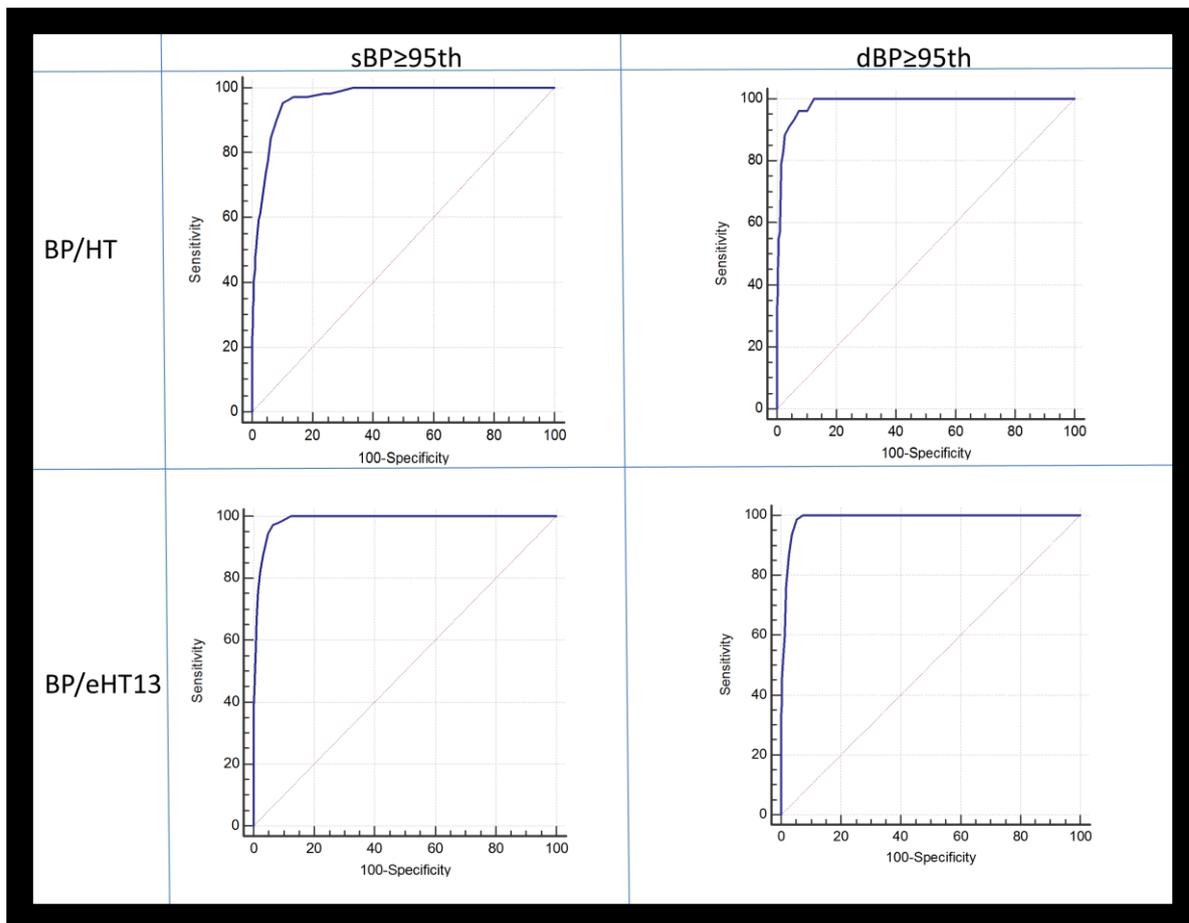
***Supplementary Materials***

Figure S1: ROC curves for systolic arterial pressure equal or higher than the 90th percentile per formula for male gender.



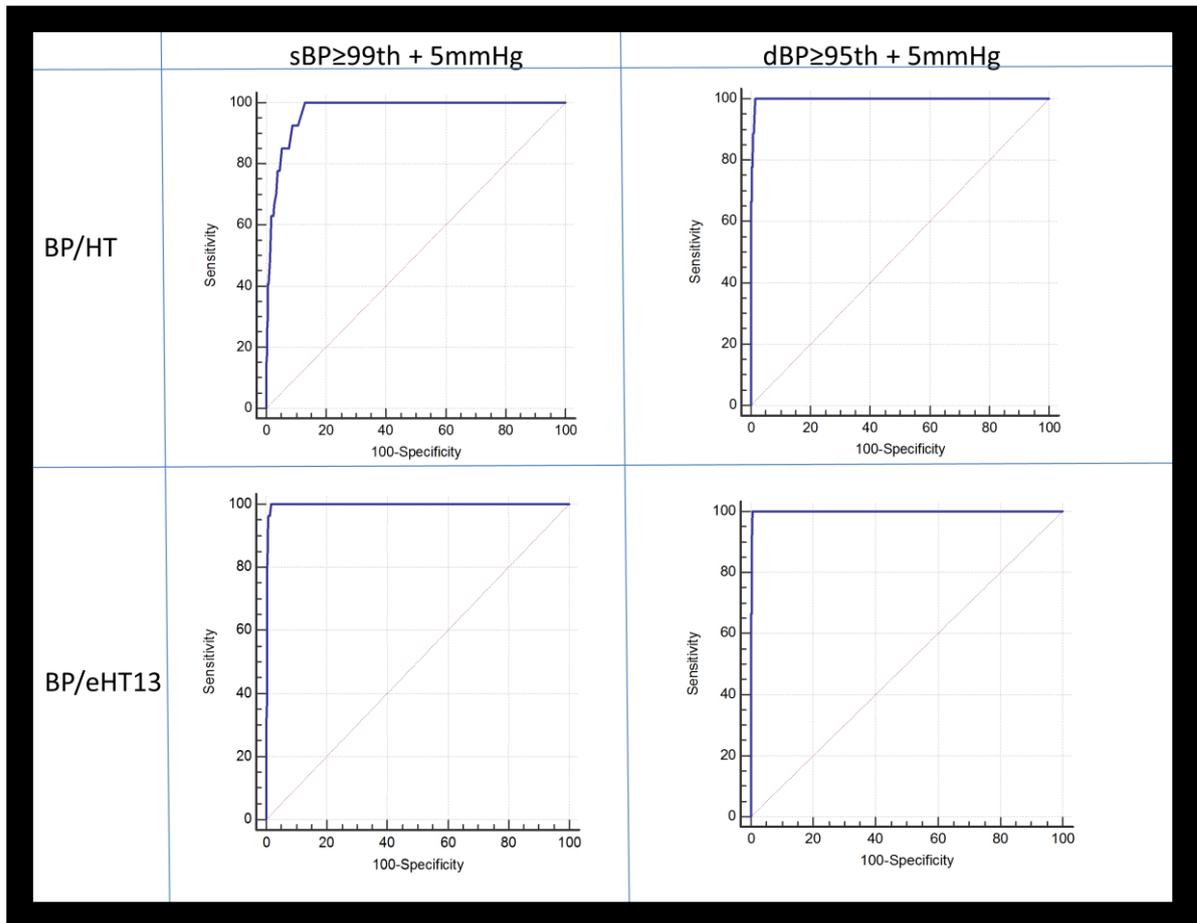
**Legend.** BP = blood pressure; sBP = systolic blood pressure; dBP = diastolic blood pressure; eHT13 = estimated height at age 13.

Figure S2: ROC curves for systolic arterial pressure equal or higher than the 95th percentile per formula for male gender.



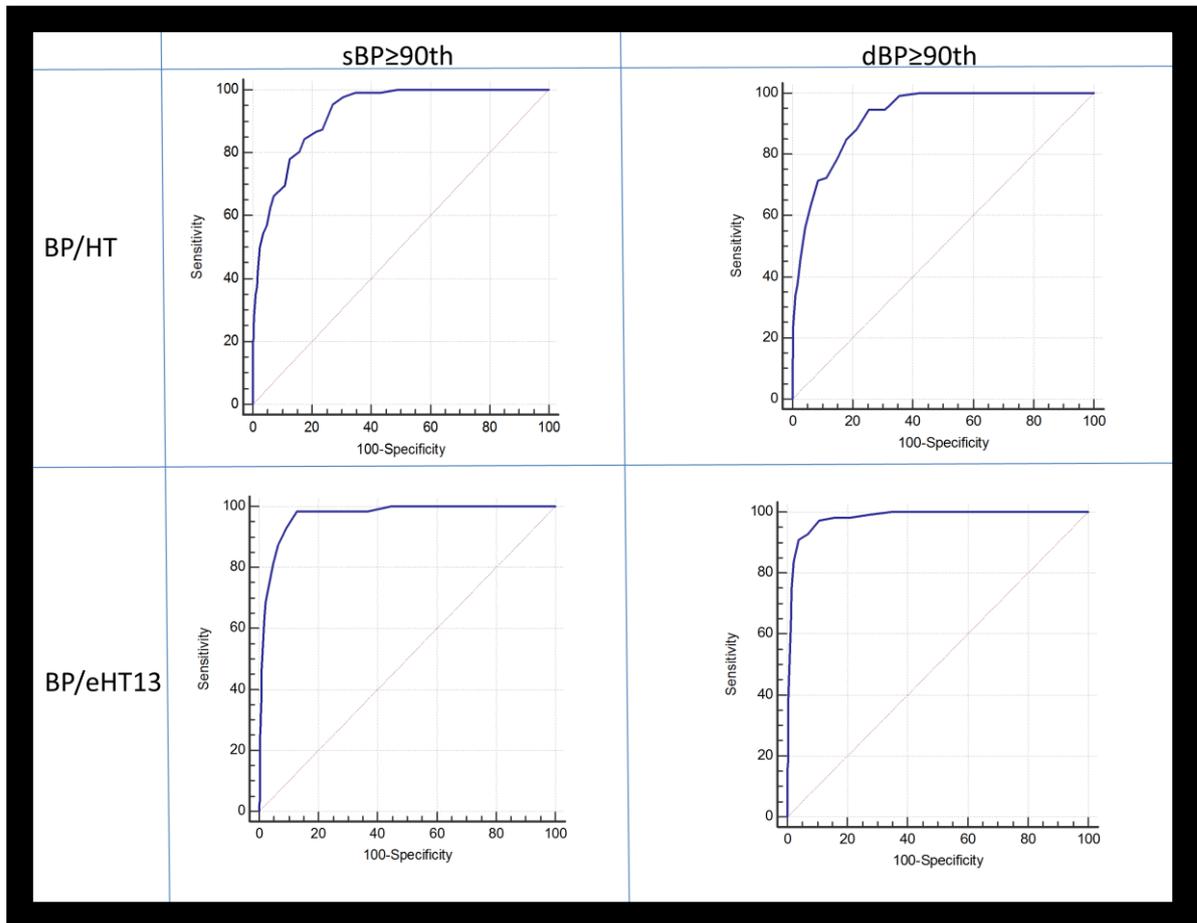
**Legend.** BP = blood pressure; sBP = systolic blood pressure; dBP = diastolic blood pressure; eHT13 = estimated height at age 13.

Figure S3: ROC curves for systolic arterial pressure equal or higher than the 99th percentile per formula for male gender.



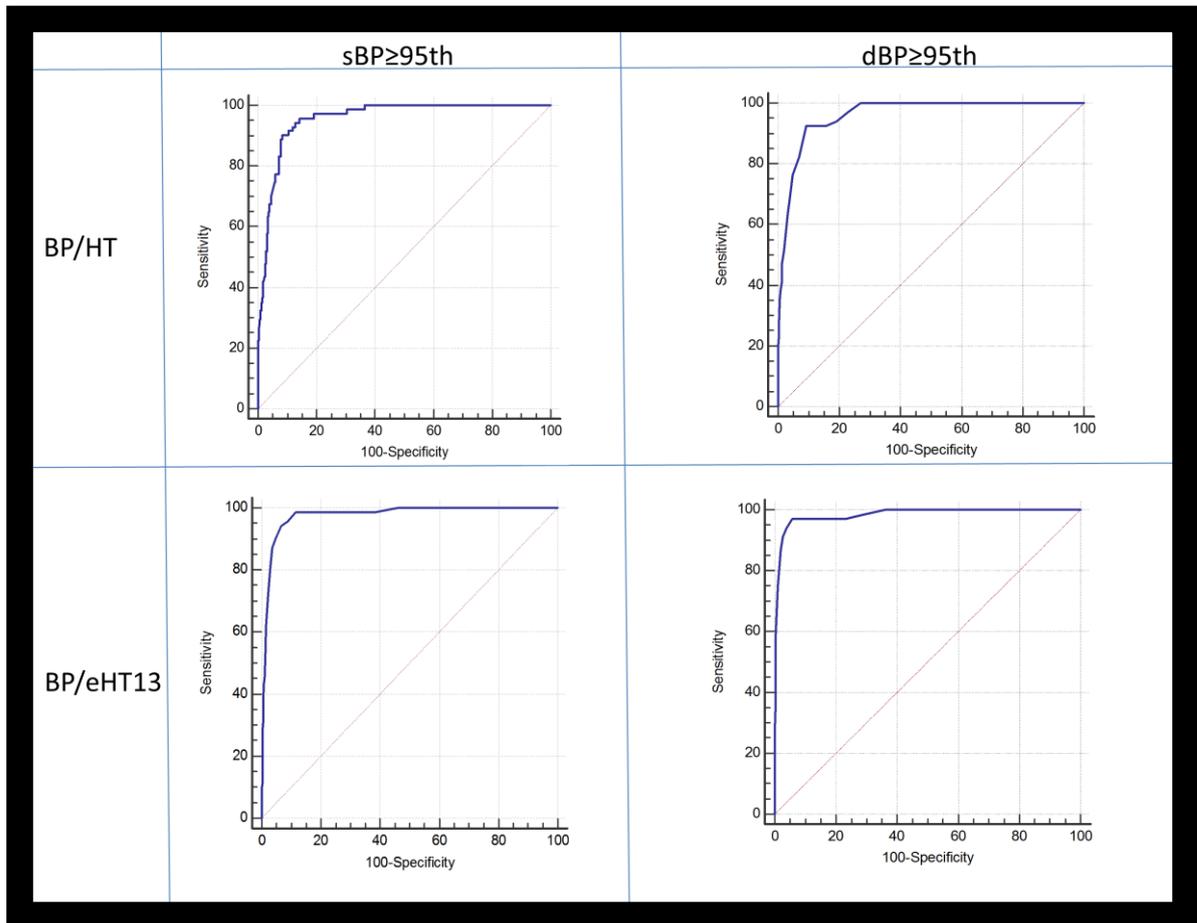
**Legend.** BP = blood pressure; sBP = systolic blood pressure; dBP = diastolic blood pressure; eHT13 = estimated height at age 13.

Figure S4: ROC curves for systolic arterial pressure equal or higher than the 90th percentile per formula for female gender.



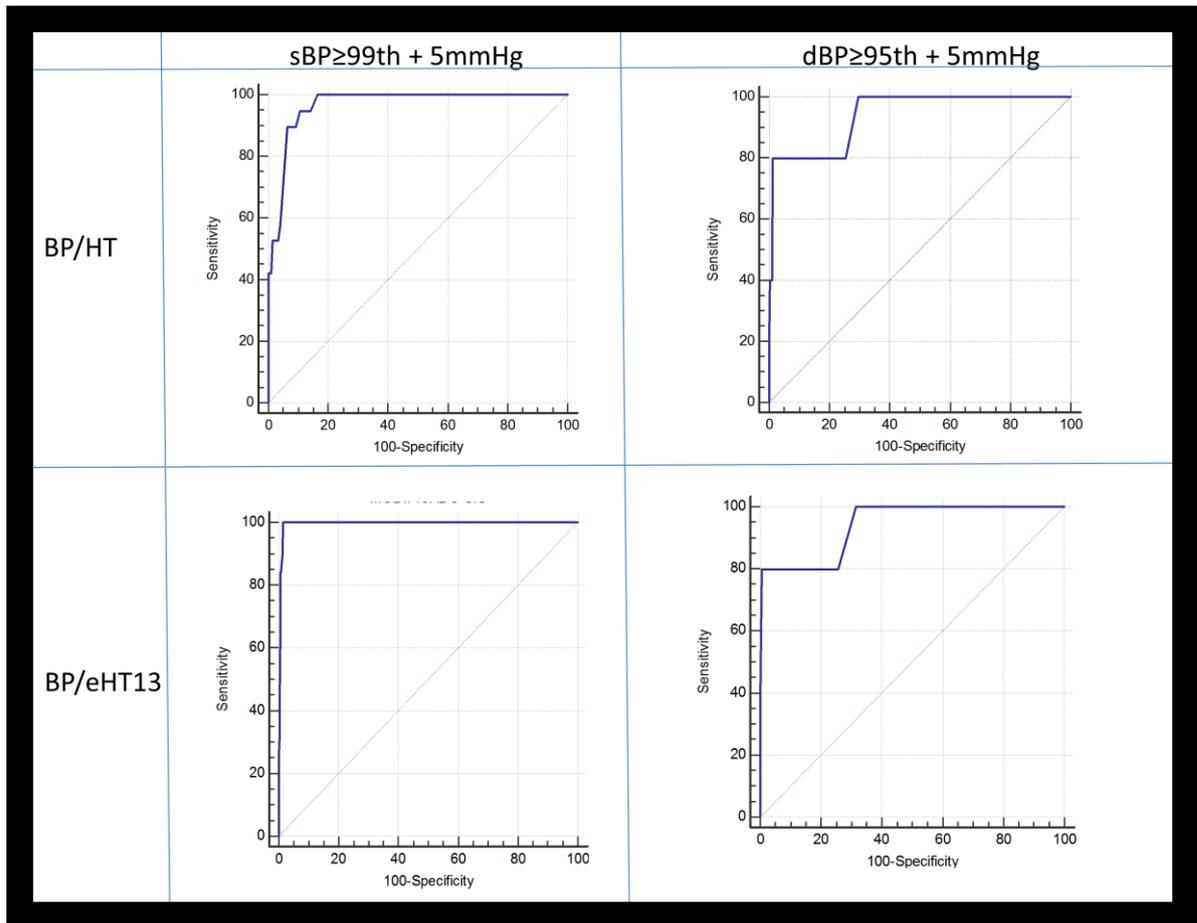
**Legend.** BP = blood pressure; sBP = systolic blood pressure; dBP = diastolic blood pressure; eHT13 = estimated height at age 13.

Figure S5: ROC curves for systolic arterial pressure equal or higher than the 95th percentile per formula for female gender.



**Legend.** BP = blood pressure; sBP = systolic blood pressure; dBP = diastolic blood pressure; eHT13 = estimated height at age 13.

Figure S6: ROC curves for systolic arterial pressure equal or higher than the 99th percentile per formula for female gender.



**Legend.** BP = blood pressure; sBP = systolic blood pressure; dBP = diastolic blood pressure; eHT13 = estimated height at age 13.

**Table S1: Comparison between different BP levels and body mass index classification according to each formula.**

			Normal weight		Overweight		Obesity	
			Male	Female	Male	Female	Male	Female
<b>Number of patients</b>			1319	1077	426	299	650	314
<b>Pre-hypertension and higher</b>	BP/HT	Sensitivity	96.36%	96.49%	97.10%	93.94%	93.57%	98.68%
		Specificity	72.71%	57.84%	72.56%	66.17%	65.69%	55.04%
		PLR	3.53	2.29	3.54	2.78	2.73	2.20
		NLR	0.05	0.06	0.04	0.09	0.10	0.02
		PPV	13.32%	13.68%	27.13%	25.62%	42.81%	41.21%
		NPV	99.78%	99.58%	99.58%	98.88%	97.38%	99.25%
	BP/eHT13	Sensitivity	98.18%	98.25%	97.22%	96.97%	98.57%	97.37%
		Specificity	85.21%	82.06%	84.87%	83.83%	81.76%	81.09%
		PLR	6.64	5.48	6.43	6.00	5.41	5.15
		NLR	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03
		PPV	22.41%	23.43%	37.23%	42.67%	59.74%	62.18%
		NPV	99.91%	99.88%	99.70%	99.55%	99.52%	98.97%
		<b>Hypertension</b>	BP/HT	Sensitivity	100%	96.15%	100%	85%
Specificity	87.86%			87.06%	89.16%	87.10%	81.49%	78.93%
PLR	8.24			7.43	9.23	6.59	5.10	4.30
NLR	0.00			0.04	0.00	0.17	0.07	0.12
PPV	14.21%			15.53%	31.25%	32.08%	44.39%	46.60%
NPV	100%			99.89%	100%	98.78%	98.92%	97.63%
BP/eHT13	Sensitivity		100%	100%	100%	95%	97.73%	96.23%
	Specificity		92.42%	90.29%	90.64%	90.68%	86.12%	85.06%
	PLR		13.19	10.30	10.68	10.19	7.04	6.44
	NLR		0.00	0.00	0.00	0.06	0.03	0.04
	PPV		20.97%	20.31%	34.48%	42.22%	52.44%	56.67%
	NPV		100%	100%	100%	99.61%	99.59%	99.11%

**Legend.** BP = blood pressure, HT = height, eHT13 = estimated height at age 13, NLR = Negative Likelihood Ratio, NPV = Negative Predictive Value, PLR = Positive Likelihood Ratio, PPV = Positive Predictive Value.

**Table S2: Comparison between different BP levels within lowermost and uppermost heights according to each formula.**

			Height percentile < 10 <sup>th</sup>		Height percentile > 90 <sup>th</sup>	
			Male	Female	Male	Female
<b>Number of patients</b>			91	85	782	518
<b>Pre-hypertension and higher</b>	BP/HT	Sensitivity	100%	100%	87.06%	88.89%
		Specificity	41.56%	24.36%	76.90%	75.65%
		PLR	1.71	1.32	3.77	3.65
		NLR	0.00	0.00	0.17	0.15
		PPV	23.73%	10.61%	31.49%	29.81%
		NPV	100%	100%	97.99%	98.32%
	BP/ eHT13	Sensitivity	100%	100%	98.82%	92.59%
		Specificity	45.45%	35.90%	96.27%	94.40%
		PLR	1.83	1.56	26.49	16.52
		NLR	0.00	0.00	0.01	0.08
		PPV	25.00%	12.28%	76.36%	65.79%
		NPV	100%	100%	99.85%	99.10%
Comparison between the tests		Sensitivity	p = 1.00	p = 1.00	p = 0.007	p = 0.73
		Specificity	p = 0.74	p = 0.16	p < 0.001	p < 0.001
<b>Hypertension</b>	BP/HT	Sensitivity	100%	100%	89.13%	75%
		Specificity	60.24%	60.00%	90.35%	92.04%
		PLR	2.52	2.50	9.24	9.42
		NLR	0.00	0.00	0.12	0.27
		PPV	19.51%	13.51%	36.61%	35%
		NPV	100%	100%	99.25%	98.47%
	BP/ eHT13	Sensitivity	100%	100%	95.65%	89.29%
		Specificity	56.63%	58.75%	94.57%	93.06%
		PLR	2.31	2.42	17.60	12.87
		NLR	0.00	0.00	0.05	0.12

---

	PPV	18.18%	13.16%	52.38%	42.37%
	NPV	100%	100%	99.71%	99.35%
Comparison	Sensitivity	p = 1.00	p = 1.00	p = 0.43	p = 0.46
between the tests	Specificity	p = 0.75	p = 1.00	p = 0.003	p = 0.62

---

**Legend.** BP = blood pressure, HT = height, eHT13 = estimated height at age 13, NLR = Negative

Likelihood Ratio, NPV = Negative Predictive Value, PLR = Positive Likelihood Ratio, PPV =

Positive Predictive Value.

**Table S3: Results from logistic regression analysis.**

<b>Dependent Variable</b>	<b>Independent Variables</b>	<b>Odds Ratio</b>	<b>95% C.I</b>	<b>Coefficient</b>	<b>p-value</b>
<b>Pre-hypertension and higher</b>	BP/HT	27.05	15.76 - 46.41	3.2978	<0.001
	BP/eHT13	148.78	74.12 - 298.6	5.0025	<0.001
	Age	0.95	0.69 - 1.32	-0.0425	0.7957
	Weight	4.12	3.04 - 5.58	1.4171	<0.001
<b>Hypertension</b>	BP/HT	42.20	22.14 - 80.43	3.7426	<0.001
	BP/eHT13	234.93	91.21 -605.11	5.4593	<0.001
	Age	0.81	0.49 - 1.32	-0.2134	0.3993
	Weight	4.18	2.64 - 6.61	1.4316	<0.001

**Legend.** BP = blood pressure, HT = height, eHT13 = estimated height at age 13, C.I = Confidence Interval. Age = 0, when the age of the patient <8.49 years (median). Weight = 0 when body mass index values were normal.

	BP/eHT16 ratio				BP/eHT13 ratio			Comparison
	Number of patients	Sens./Spec. (%)	Cut-off points	AUC	Sens./Spec.	Cut-off points	AUC	p-value
<b>sBP≥90<sup>th</sup></b>	167	96.4/93.2	>0.60	0.983 (CI=0.979-0.988)	98.2/89.5	>0.67	0.980 (CI=0.973-0.985)	0.77
<b>dBP≥90<sup>th</sup></b>	170	96.5/92.7	>0.38	0.989 (CI=0.984-0.993)	97.1/92.7	>0.43	0.988 (CI=0.983-0.992)	0.90
<b>sBP≥95<sup>th</sup></b>	111	98.2/93.7	>0.61	0.989 (CI=0.985-0.993)	97.3/93.6	>0.69	0.987 (CI=0.982-0.991)	0.84
<b>dBP≥95<sup>th</sup></b>	77	98.7/95.5	>0.40	0.989 (CI=0.985-0.993)	98.7/94.8	>0.45	0.988 (CI=0.983-0.992)	0.87
<b>sBP≥99<sup>th</sup> + 5mmHg</b>	27	100/98.9	>0.68	0.998 (CI=0.996-0.999)	100/98.3	>0.76	0.997 (CI=0.994-0.999)	0.91
<b>dBP≥99<sup>th</sup> + 5mmHg</b>	9	100/99.4	>0.48	0.998 (CI=0.997-1.000)	100/99.4	>0.54	0.998 (CI=0.995-0.999)	1.00

**Table S4: Comparison of AUC using formulae adjusted for estimated heights at age 16 and 13 years old in males.**

**Legend.** BP = blood pressure; sBP = systolic blood pressure; dBP = diastolic blood pressure; Sens. = sensitivity; Spec. = specificity; AUC = area under the curve; CI = confidence intervals; eHT16 = estimated height at 16; eHT13 = estimated height at age 13.

***CONSIDERAÇÕES***

***FINAIS***

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Hipertensão Arterial Sistêmica é uma das grandes consequências do atual estilo de vida mundial. O estresse, baixa prática de exercício físico, alto consumo de fast food, obesidade, dentre outros fatores, levam a um aumento cada vez maior da sua incidência. Apesar dos avanços terapêuticos e do maior entendimento da sua etiologia, dificilmente esse quadro vai ser revertido num curto espaço de tempo.

Tanto isso é verdade que tal mal está atingindo a faixa etária pediátrica cada vez mais. Um dos agravantes deste fato é que o diagnóstico de hipertensão nas crianças é totalmente diferente do adulto. Junte isso à atual realidade de serviços extremamente lotados, com cada vez menos tempo sendo dedicado ao paciente, e percebe-se que o não diagnóstico dessa condição passa a ser extremamente comum. Desta forma, a utilização de métodos de triagem mais simples podem facilitar tal diagnóstico, amenizando o impacto de tais problemas no contexto da hipertensão arterial na infância.

O problema é o fenômeno denominado *tracking*, no qual se percebe a manutenção da condição de hipertenso além da infância e adolescência. Logo, uma criança que não foi diagnosticada como hipertensa quando devia tem grande chance de se tornar um adulto hipertenso e com maior probabilidade de adquirir lesões em órgãos alvo, devido ao maior tempo de exposição.

Com um maior tempo de doença, esse indivíduo acaba tendo maior chance de apresentar condições de alta morbimortalidade, como o acidente vascular cerebral e o infarto agudo do miocárdio. Vale destacar que tais condições levam a perda de grandes somas, sem contar os anos de trabalho perdidos. Logo, percebe-se que uma condição que poderia ser tratada ou até mesmo evitada durante a infância acaba tendo repercussão para o indivíduo e a sociedade.

Nesta dissertação, foram comparadas ferramentas que visam facilitar o diagnóstico de hipertensão na infância e adolescência, além de apresentar uma melhoria em uma delas. Vale salientar, entretanto, que nada adiantará o conhecimento das mesmas sem questionar constantemente “será que meu paciente

é hipertenso?”. Talvez, com esta simples pergunta, uma vida possa ser salva no futuro e a tristeza que cairia sobre uma família nunca se concretize.

*“Aquele que se empenha a resolver as dificuldades resolve-as antes que surjam. Aquele que se ultrapassa a vencer os inimigos triunfa antes que as suas ameaças se concretizem”.*

*Sun Tzu – A Arte da Guerra*