

中国 3~17 岁儿童性别、年龄别 和身高别血压参照标准

范晖^{1,2}, 闫银坤¹, 米杰^{1,2}, 代表“中国儿童血压标准数据协作组”

1. 首都儿科研究所流行病学研究室, 北京 100020; 2. 北京协和医学院研究生院

摘要: 目的 对 2010 年发布的中国儿童性别和年龄别血压标准(2010 年标准)进行更新, 制定性别、年龄别和身高别的儿童血压参照标准(更新标准)。方法 参照人群同 2010 年标准, 共纳入儿童 106 123 人。血压测量采用水银血压计, 以 Korotkoff 音第 1 音为收缩压, 第 5 音为舒张压。采用位置、形状和范围的广义相加模型(GAMLSS), 计算不同性别、年龄别及身高别对应的第 50、90、95 和 99 百分位(P_{50} 、 P_{90} 、 P_{95} 和 P_{99})血压值。采用一组独立的儿童血压现况调查数据($n=43\,476$, 6~17 岁, 男性占 51.2%)验证新旧标准的一致性。结果 更新标准的血压切点值(P_{50} 、 P_{90} 、 P_{95} 和 P_{99})随年龄及身高增加而增加。与 2010 年标准相比, 更新标准明显降低了身高 P_5 对应收缩压— P_{95} 值, 其中男童降低 3~7、女童降低 0~6 mm Hg; 更新标准明显抬高了身高 P_{95} 对应收缩压— P_{95} 值, 其中, 男童升高 2~6、女童升高 0~4 mm Hg; 更新标准只降低了 3~13 岁男女身高 P_5 对应舒张压— P_{95} 值; 更新标准身高 P_{95} 对应舒张压— P_{95} 值与 2010 年标准无明显差异。2010 年标准诊断的高血压儿童中, 用更新标准确诊为高血压的比例为 90.1%。结论 更新标准同时考虑了性别、年龄和身高因素, 可更准确评估儿童血压水平。

关键词: 高血压; 参照标准; 中国; 儿童; 青少年

Updating blood pressure references for Chinese children aged 3—17 years

FAN Hui*, YAN Yin-kun, MI Jie, on behalf of the Chinese Child Blood Pressure References Collaborative Group

* Department of Epidemiology, Capital Institute of Pediatrics, Beijing 100020,
Graduate School of Peking Union Medical College

Abstract: **Objective** To develop blood pressure (BP) references by age and height simultaneously for Chinese children aged 3—17 years (updating references). **Methods** Based on a pooled sample of 106 123 children, BP values were obtained with certified mercury sphygmomanometers by trained examiners. Systolic BP (SBP) and diastolic BP (DBP) were defined by Korotkoff sounds phase 1 and phase 5, respectively. The sex-, age- and height-specific BP percentiles (P_{50} , P_{90} , P_{95} and P_{99}) were calculated by the generalized additive model for location scale and shape (GAMLSS). Data on BP were available for a total of 43 476 children aged 6 to 17 years (male; 51.2%) from a separate survey and the difference in the discrimination ability of hypertension between updating references and BP references in 2010 was studied. **Results** The cut-off values (P_{50} , P_{90} , P_{95} and P_{99}) of BP increased with height and age. Compared to BP references in 2010, SBP level of the 95th percentiles of updating references at the height of 5th percentiles was lower (lowered by 3—7 mm Hg in male and 0—6 mm Hg in female); SBP level of the 95th percentiles of updating references at the height of 95th percentiles was higher (increased by 2—6 mm Hg in male and 0—4 mm Hg in female); DBP level of the 95th percentiles of updating references at the height of 5th percentiles from 3 to 13 years was lower; DBP level of the 95th percentiles of updating references at the height of 95th percentiles was similar. Among hypertensive children defined by BP references in 2010, 90.1% remained hypertensive according to updating references. **Conclusion** The BP references by age and height are useful for identifying hypertensive children.

Keywords: hypertension; references; China; children; adolescents

DOI:10.16439/j.cnki.1673-7245.2017.05.009

我国是高血压人口大国, 目前约有 2.7 亿成人高血压患者, 高血压知晓率、治疗率及控制率仍处于较低

水平, 高血压导致的心血管病负担沉重^[1]。随着不良生活方式及超重肥胖在儿童青少年(儿童)中的流行, 儿童高血压的患病率逐渐升高^[1-2], 已成为一个重要的公共卫生问题。高血压儿童已经出现心脏、肾脏及血管等靶器官的临床和亚临床损害^[3-5]; 在不干预情况

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC1300101, 2016YFC0900602)

通信作者: 米杰, E-mail: jiemj@vip.163.com (若需儿童高血压诊断的 SAS 程序, 可与通信作者联系)

下,儿童期持续血压偏高的个体将发展为成年高血压,并较早出现靶器官损害,进一步加重心血管病负担^[6-7]。因此,将高血压防治窗口下移至儿童人群是遏制我国高血压上升趋势和降低心血管病负担的根本之策。制定科学合理的儿童血压参照标准是实现高血压儿童期防治的关键核心技术。

血压作为一个生理常数,在儿童生长发育过程中变异较大,受性别、年龄及身高等生理因素的影响,因此儿童血压参照标准应根据参照人群的血压分布,运用统计学模型,计算性别、年龄别和身高别的血压百分位值来制定^[8-9]。由于血压及其与靶器官损害的关联性存在种族差异,有必要制定符合本国发育特点的儿童血压参照标准。基于一个全国代表性的参照人群,本团队于2010年主持研制了中国3~17岁儿童的性别和年龄别血压参照标准(2010年标准)^[10],该标准在临床实践和科学研究中得到了广泛应用。但由于未考虑身高因素,在评估极端身高者的血压时会产生错分;也不适合比较不同地域、不同营养发育状况、不同年代的儿童高血压患病率。为与目前多数国家研制儿童血压参照标准的方法一致^[11-14],同时随着大数据处理能力的增加及电子智能血压计的普及,使用纳入身高的标准诊断儿童高血压已相对容易。因此,有必要对2010年标准进行更新,即建立性别、年龄别及身高别的儿童血压参照标准(更新标准),以精确评估儿童的血压水平。

1 对象与方法

1.1 研制更新标准的“参照人群”

本研究的参照人群来源于制定2010年标准的参照人群。2010年标准参照人群的形成过程如下:搜索2000年1月1日至2009年6月30日发表的国内儿童血压的流行病学调查研究,对这些文献进行质量评估,文献的筛选过程及纳入和排除标准见已发表的文章^[10],最终选出符合条件的11个儿童血压研究;与各个作者联系取得原始数据库后进行汇总,数据的清理过程详见以前的研究^[10],最终2010年标准的参照人群共包括3~18岁儿童112 227人(男性占50.7%),代表中国汉族儿童人群。本研究在2010年标准参照人群的基础上,进一步剔除身高缺失者;同时,极端体质量指数(body mass index, BMI)多由病理因素引起,影响血压水平,因此排除极端BMI者(即 $BMI > \bar{x} + 3s$ 或 $BMI < \bar{x} - 3s$)。最终,本研究参照人群共包括106 123人。分别以Korotkoff音第1音(K1)、第5音(K5)用于研制收缩压和舒张压参照标准,最终收缩压有效数据为106 123人(男50.6%),舒张压有效数据为42 021人(男50.6%)。

1.2 血压百分位值计算

计算性别、年龄别及身高别的血压百分位切点值的过程为:首先,拟合年龄与身高分布曲线,计算出每岁组的7个身高百分位值($P_5, P_{10}, P_{25}, P_{50}, P_{75}, P_{90}, P_{95}$);其次,拟合年龄和身高的血压分布曲线,计算出每岁组、每个身高百分位对应的血压百分位值($P_{50}, P_{90}, P_{95}, P_{99}$)。分布曲线拟合采用位置、范围和形状的广义相加模型(generalized additive model for location scale and shape, GAMLSS)。GAMLSS模型是一种半参数模型,假设有 n 个独立的观测值 $y_i, i=1, 2, \dots, n$,这些观测值满足条件密度函数 $f(y_i | \theta_i), \theta_i = (\theta_{1i}, \theta_{2i}, \theta_{3i}, \theta_{4i}) = (\mu_i, \sigma_i, \nu_i, \tau_i)$,其中 $\mu_i, \sigma_i, \nu_i, \tau_i$ 均为分布参数, μ_i 表示位置、 σ_i 表示范围、 ν_i 表示偏度、 τ_i 表示峰度。各分布参数均可用解释变量进行拟合,对该模型的具体介绍可以参考相关文献^[15]。拟合过程使用R3.2.2软件的GAMLSS模块进行。

1.2.1 拟合年龄的身高分布曲线

首先确定身高的分布类型。参照WHO儿童生长发育曲线拟合方法,身高服从Box-Cox-Cole-Green(BCCG)分布^[16-18],因此采用位置(μ)、范围(σ)及偏度(ν)参数进行描述;然后采用3次样条函数分别拟合年龄与上述参数的关系,拟合效果采用Schwarz贝叶斯标准和Q-Q图进行评价,确定3次样条函数自由度用于拟合曲线^[17]。最终确定 $\mu, \log(\sigma)$ 及 ν 对应的自由度:男性为15, 3, 1;女性为15, 4, 1。

1.2.2 拟合年龄和身高的血压分布曲线

首先确定血压分布类型。研究文献提示:儿童血压服从Box-Cox-Power-Exponential(BCPE)或Box-Cox T(BCT)分布^[11],对两种分布采用位置(μ)、范围(σ)、偏度(ν)及峰度(τ)参数进行描述,以Schwarz贝叶斯标准和Q-Q图确定血压的分布类型。然后拟合年龄及身高与上述参数的关系,以Schwarz贝叶斯标准和Q-Q图评估拟合优度。最终确定收缩压最优模型为:服从BCPE分布; μ 由年龄的线性函数和身高的3次样条函数(自由度=4)拟合;男女 $\log(\sigma)$ 分别由年龄的线性函数和常数拟合; ν 和 $\log(\tau)$ 均为常数。舒张压最优模型为:服从BCT分布;男性 μ 由 $\log(\text{年龄})$ 的线性函数和身高的3次样条函数(自由度=4)拟合,女性 μ 由年龄的线性函数和身高的3次样条函数(自由度=3)拟合; $\log(\sigma), \nu$ 和 $\log(\tau)$ 均为常数。

1.3 比较更新标准与2010年标准

首先,分别比较更新标准每岁组 P_5, P_{95} 身高所对应的 P_{95} 血压值与2010年标准同岁组的 P_{95} 血压值的差异。其次,采用一组独立的儿童血压现况调查数据($n=43\,476, 6\sim 17$ 岁,男性占51.2%),分别采用2010年标准中性别、年龄别的收缩压/舒张压 $\geq P_{95}$ 和更新标准中性别、年龄

别、身高别的收缩压/舒张压 $\geq P_{95}$ 诊断高血压,比较两个标准诊断的一致性及差异特点。

2 结果

2.1 “参照人群”样本构成和特征 “参照人群”样本来自华北、东北、华中、华南、西南、西北和华东,具有较好的全国代表性,见表 1。各研究的性别分布都较为

均衡。“北京儿童青少年代谢综合征研究”提供的收缩压有效数据最多,占 19.6%;“学生体质健康调查”提供的舒张压有效数据最多,占 44.3%。

2.2 血压百分位值的计算过程 血压的分布及分布参数的拟合结果见表 2。将年龄及该年龄的 7 个身高百分位值($P_5, P_{10}, P_{25}, P_{50}, P_{75}, P_{90}, P_{95}$)代入模型中,计算分布参数,随后可得该年龄的 7 个身高百分位值分别对应的血压百分位值。

表 1 “参照人群”样本构成和特征

数据来源	调查年份	地区	样本量	男性 (%)	年龄 (岁)	身高 (cm)	有效数据人数	
							收缩压	舒张压
北京儿童青少年代谢综合征研究 ^[19]	2004	北京	20 752	50.3	12.0 $\pm$ 3.6	147.9 $\pm$ 18.9	20 752	—
北京学龄儿童血压调查	2006—2007	北京	3333	52.8	11.7 $\pm$ 3.2	151.6 $\pm$ 16.9	3333	3228
北京托幼机构儿童血压调查	2009	北京	1623	50.3	4.5 $\pm$ 1.1	111.4 $\pm$ 8.3	1623	1571
中国人群生理常数研究	2001	北京	11 090	49.3	13.3 $\pm$ 2.8	154.4 $\pm$ 14.3	11 090	—
		河北 ^[20]	4340	49.9	14.8 $\pm$ 2.1	158.4 $\pm$ 10.9	4340	—
		浙江	4565	51.2	13.1 $\pm$ 2.8	153.6 $\pm$ 14.0	4565	—
		广西	1778	48.8	15.0 $\pm$ 1.4	157.5 $\pm$ 8.5	1778	—
学生体质健康调查	2009	湖南	18 626	51.4	14.7 $\pm$ 1.6	159.9 $\pm$ 8.7	18 626	18 626
天津儿童生长发育调查 ^[21]	2005	天津	15 697	52.3	4.4 $\pm$ 1.0	108.8 $\pm$ 8.0	15 697	—
中小学生血压调查 ^[22]	2006	上海	8274	49.3	12.5 $\pm$ 3.4	151.2 $\pm$ 17.1	8274	8274
重庆城区儿童肥胖超重血压调查 ^[23]	2004	重庆	7146	49.3	11.7 $\pm$ 3.3	147.9 $\pm$ 17.0	7146	7146
北票市小学生血压调查 ^[24]	2001	辽宁	5723	50.2	10.7 $\pm$ 1.7	135.7 $\pm$ 10.8	5723	—
中小学生血压调查 ^[25]	2007	新疆	1709	48.0	12.9 $\pm$ 2.9	151.3 $\pm$ 15.4	1709	1709
3~6 岁儿童血压调查 ^[26]	2001	广东	1467	54.7	4.7 $\pm$ 0.9	105.0 $\pm$ 7.2	1467	1467

注:计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示。

表 2 血压的分布及分布参数的拟合结果

血压	分布	μ	$\log(\sigma)$	ν	$\log(\tau)$
男收缩压	BCPE	58.644+0.194 $\times$ 年龄+0.314 $\times$ CS(身高,自由度=4)	-2.377+0.008 $\times$ 年龄	0.258	0.804
女收缩压	BCPE	63.867+0.082 $\times$ 年龄+0.248 $\times$ CS(身高,自由度=4)	-2.319	0.104	0.818
男舒张压	BCT	41.225+7.869 $\times$ log(年龄)+0.093 $\times$ CS(身高,自由度=4)	-2.254	0.416	2.047
女舒张压	BCT	43.471+0.311 $\times$ 年龄+0.107 $\times$ CS(身高,自由度=3)	-2.288	-0.131	2.085

注:BCPE 分布表示变量经过 Box-Cox 转换后服从 PE 分布;BCT 分布表示变量经过 Box-Cox 转换后服从 t 分布;CS 表示 3 次样条函数。

2.3 年龄和性别的血压参照标准 表 3 和表 4 分别列出男、女每岁组 7 个身高百分位值($P_5, P_{10}, P_{25}, P_{50}, P_{75}, P_{90}, P_{95}$)对应的 P_{50}, P_{90}, P_{95} 和 P_{99} 血压值及这些血压值所适用的身高范围。这些血压切点值随年龄及身高增加而增加。

2.4 更新标准与 2010 标准比较 选择更新标准中身高 P_5, P_{95} 对应的血压 P_{95} 值(高血压诊断切点)分别与 2010 年标准(血压 P_{95} 值)比较,图 1 显示:①收缩压:更新标准明显降低了身高 P_5 对应收缩压- P_{95} 值,其中男童降低 3~7 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa),女童降低 0~6 mm Hg;更新标准明显抬高了身高 P_{95} 对应收缩压- P_{95} 值,其中,男童升高 2~6 mm Hg,女童

升高 0~4 mm Hg;②舒张压:更新标准只降低了 3~13 岁男女身高 P_5 对应舒张压- P_{95} 值;更新标准身高 P_{95} 对应舒张压- P_{95} 值与 2010 年标准无明显差异。

分别用两个标准对独立样本人群进行高血压诊断,在以 2010 年标准诊断的高血压儿童 7370 例中,采用更新标准确诊为高血压的比例为 90.1%,另外 9.9%的个体因为采用与其身高相对应的更新标准而排除了高血压的诊断;在以 2010 年标准诊断的正常血压儿童 36 106 人中(收缩压/舒张压 $<P_{95}$),用新标准诊断为高血压的比例为 2.7%。综上,就高血压诊断而言,更新标准降低了 2010 年标准对高身材儿童的误诊和对矮身材儿童的漏诊。

表 3 3~17 岁男童年龄别及身高别的血压参照标准

年龄 (岁)	身高范围 (cm)	收缩压(mm Hg)				舒张压(mm Hg)			
		P_{50}	P_{90}	P_{95}	P_{99}	P_{50}	P_{90}	P_{95}	P_{99}
3	<96	88	99	102	108	54	62	65	72
	96~97	88	100	103	109	54	63	65	72
	98~100	89	101	104	110	54	63	66	72
	101~103	90	102	105	112	54	63	66	73
	104~106	91	103	107	113	55	63	66	73
	107~108	92	104	107	114	55	63	66	73
	≥109	93	105	108	115	55	63	66	73
4	<102	89	101	104	111	55	64	67	74
	102~104	90	102	105	111	55	64	67	74
	105~107	91	103	106	113	55	64	67	74
	108~110	92	104	108	114	56	64	67	74
	111~113	93	106	109	115	56	64	67	74
5	114~116	94	107	110	117	56	65	68	75
	≥117	95	107	111	117	56	65	68	75
	<109	92	104	107	114	56	65	68	75
	109~110	92	104	107	114	56	65	68	75
	111~113	93	105	109	115	56	65	68	75
	114~117	94	106	110	117	57	65	69	76
	118~120	95	108	111	118	57	66	69	76
6	121~123	96	109	112	119	58	67	70	77
	≥124	97	110	113	120	58	67	70	77
	<114	93	105	109	115	57	66	69	76
	114~116	94	106	110	116	57	66	69	76
	117~119	95	107	111	117	58	66	69	77
	120~123	96	108	112	119	58	67	70	78
	124~126	97	110	113	120	59	68	71	78
7	127~129	98	111	115	121	59	69	72	79
	≥130	99	112	116	123	60	69	73	80
	<118	94	106	110	117	58	67	70	77
	118~120	95	107	111	118	58	67	70	78
	121~123	96	108	112	119	59	68	71	78
	124~127	97	110	113	120	59	68	72	79
	128~131	98	112	115	122	60	70	73	81
8	132~135	100	113	117	124	61	71	74	82
	≥136	100	114	117	125	62	71	74	82
	<121	95	108	111	118	59	68	71	78
	121~123	95	108	112	119	59	68	71	79
	124~127	97	110	113	120	60	69	72	80
	128~132	98	111	115	122	61	70	73	81
	133~136	99	113	117	124	62	71	74	82
9	137~139	101	114	118	125	62	72	75	83
	≥140	102	115	119	127	63	73	76	84
	<125	96	109	112	119	60	69	72	80
	125~128	96	109	113	120	60	69	73	80
	129~132	98	111	115	122	61	71	74	82
	133~137	99	113	117	124	62	72	75	83
	138~142	101	115	119	126	63	73	76	84
10	143~145	102	116	120	128	64	73	77	85
	≥146	103	117	121	129	64	74	77	85
	<130	97	110	114	121	61	70	74	81
	130~132	98	111	115	122	62	71	74	82
	133~137	99	113	116	124	62	72	75	83
	138~142	101	115	119	126	63	73	77	85
	143~147	102	117	120	128	64	74	77	85
11	148~151	104	118	122	130	64	74	77	86
	≥152	105	119	123	131	64	74	77	86

续表 3

年龄 (岁)	身高范围 (cm)	收缩压(mm Hg)				舒张压(mm Hg)			
		P_{50}	P_{90}	P_{95}	P_{99}	P_{50}	P_{90}	P_{95}	P_{99}
11	<134	98	111	115	122	62	72	75	83
	134~137	99	112	116	124	63	72	76	84
	138~142	100	114	118	126	64	73	77	85
	143~148	102	116	120	128	64	74	78	86
	149~153	104	119	123	130	64	74	78	86
	154~157	106	120	124	132	64	74	78	86
	≥158	106	121	125	133	64	74	78	86
12	<140	100	113	117	125	64	73	77	85
	140~144	101	115	119	126	64	74	78	86
	145~149	102	117	121	128	65	75	78	86
	150~155	104	119	123	131	65	75	78	86
	156~160	106	121	125	133	65	75	78	86
	161~164	108	123	127	135	65	75	78	87
	≥165	108	124	128	136	65	75	78	87
13	<147	102	116	120	128	65	75	78	86
	147~151	103	117	121	129	65	75	78	87
	152~156	104	119	123	131	65	75	79	87
	157~162	106	121	125	133	65	75	79	87
	163~167	108	123	128	136	65	75	79	87
	168~171	110	125	130	138	66	76	79	87
	≥172	110	126	130	139	66	76	79	88
14	<154	103	118	122	130	65	75	79	87
	154~157	104	119	124	132	65	75	79	87
	158~162	106	121	125	133	65	75	79	87
	163~167	108	123	128	136	65	75	79	87
	168~172	109	125	130	138	66	76	79	88
	173~176	111	127	131	140	66	76	80	88
	≥177	112	128	133	141	67	77	80	89
15	<158	105	120	124	132	65	76	79	87
	158~161	106	121	125	133	65	76	79	87
	162~166	107	122	127	135	66	76	79	88
	167~170	109	124	128	137	66	76	80	88
	171~174	110	126	131	139	66	77	80	89
	175~178	112	128	132	141	67	77	81	89
	≥179	113	129	133	142	67	77	81	90
16	<161	105	121	125	133	66	76	79	88
	161~164	106	121	126	134	66	76	79	88
	165~168	107	123	127	136	66	76	80	88
	169~172	109	125	129	138	66	76	80	88
	173~176	111	126	131	140	67	77	80	89
	177~179	112	128	133	141	67	77	81	90
	≥180	113	129	134	142	67	78	81	90
17	<163	106	121	126	134	66	76	80	88
	163~165	107	122	126	135	66	76	80	88
	166~169	108	124	128	136	66	76	80	88
	170~173	109	125	130	138	67	77	80	89
	174~177	111	127	131	140	67	77	81	89
	178~180	112	129	133	142	67	78	81	90
	≥181	113	129	134	143	68	78	82	90

注:参照人群的来源详见表 1,收缩压有效数据为 53 731 人,舒张压有效数据为 21 279 人。各年龄 7 个身高范围分别表示该年龄身高 $<P_{7.5}$ 、 $P_{7.5} \sim (P_{17.5} - 1)$ 、 $P_{17.5} \sim (P_{37.5} - 1)$ 、 $P_{37.5} \sim (P_{62.5} - 1)$ 、 $P_{62.5} \sim (P_{82.5} - 1)$ 、 $P_{82.5} \sim (P_{92.5} - 1)$ 和 $\geq P_{92.5}$ 。测量的身高若包含小数,应四舍五入取整数后再查表。

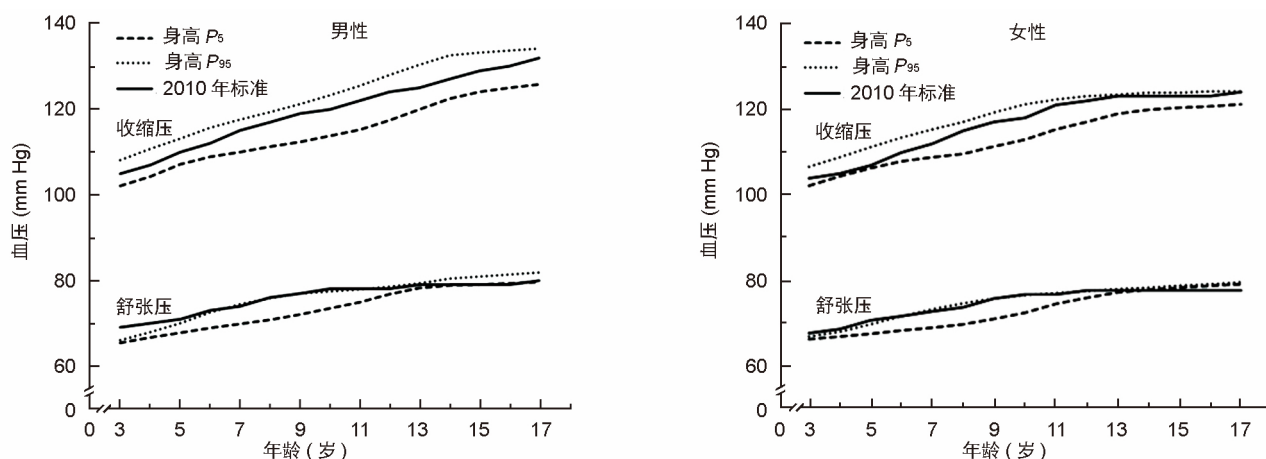
表 4 3~17 岁女童年龄别及身高别的血压参照标准

年龄 (岁)	身高范围 (cm)	收缩压(mm Hg)				舒张压(mm Hg)			
		P_{50}	P_{90}	P_{95}	P_{99}	P_{50}	P_{90}	P_{95}	P_{99}
3	<95	87	99	102	108	55	63	67	74
	95~96	88	99	103	109	55	63	67	74
	97~99	88	100	103	110	55	64	67	74
	100~102	89	101	104	111	55	64	67	74
	103~105	90	102	105	112	55	64	67	74
	106~107	91	103	106	113	55	64	67	75
	≥108	91	103	107	113	56	64	67	75
4	<101	89	101	105	111	56	64	67	75
	101~103	89	101	105	111	56	64	67	75
	104~106	90	102	106	112	56	64	67	75
	107~109	91	103	107	113	56	64	67	75
	110~112	92	104	107	114	56	65	68	75
	113~114	93	105	109	115	56	65	68	76
	≥115	93	105	109	115	56	65	68	76
5	<108	91	103	106	113	56	65	68	76
	108~109	91	103	107	113	56	65	68	76
	110~112	92	104	107	114	56	65	68	76
	113~116	93	105	109	115	57	65	68	76
	117~119	93	106	109	116	57	66	69	77
	120~122	94	107	111	117	58	66	70	77
	≥123	95	108	111	118	58	67	70	78
6	<113	92	104	108	115	57	65	69	76
	113~114	92	105	108	115	57	66	69	77
	115~118	93	106	109	116	57	66	69	77
	119~121	94	107	110	117	58	67	70	78
	122~125	95	108	112	118	58	67	71	79
	126~128	96	109	113	119	59	68	71	79
	≥129	97	110	114	121	59	69	72	80
7	<116	93	105	109	115	57	66	69	77
	116~118	93	106	109	116	57	66	69	77
	119~122	94	107	110	117	58	67	70	78
	123~126	95	108	112	119	59	68	71	79
	127~130	96	109	113	120	59	69	72	80
	131~133	97	111	114	122	60	69	73	81
	≥134	98	112	115	122	61	70	73	82
8	<120	94	106	110	116	58	67	70	78
	120~122	94	107	111	117	58	67	71	79
	123~126	95	108	112	119	59	68	71	79
	127~131	96	109	113	120	60	69	72	80
	132~135	98	111	115	122	61	70	73	82
	136~138	99	112	116	123	61	71	74	83
	≥139	100	113	117	124	62	71	75	83
9	<124	95	108	111	118	59	68	71	79
	124~127	95	108	112	119	59	68	72	80
	128~132	97	110	113	120	60	69	73	81
	133~136	98	111	115	122	61	71	74	82
	137~141	100	113	117	124	62	72	75	84
	142~145	101	114	118	125	63	72	76	84
	≥146	102	115	119	126	63	73	76	85
10	<130	96	109	113	120	60	69	73	81
	130~133	97	110	114	121	61	70	73	82
	134~138	99	112	116	123	62	71	75	83
	139~143	100	113	117	124	63	72	76	84
	144~147	101	115	119	126	63	73	76	85
	148~151	103	116	120	128	63	73	77	85
	≥152	103	117	121	129	64	73	77	86

续表 4

年龄 (岁)	身高范围 (cm)	收缩压(mm Hg)				舒张压(mm Hg)			
		P_{50}	P_{90}	P_{95}	P_{99}	P_{50}	P_{90}	P_{95}	P_{99}
11	<136	98	112	115	122	62	71	75	83
	136~139	99	113	116	123	62	72	75	84
	140~144	101	114	118	125	63	73	76	85
	145~149	102	116	120	127	64	73	77	86
	150~154	103	117	121	128	64	74	77	86
	155~157	104	118	122	129	64	74	77	86
	≥158	104	118	122	130	64	74	77	86
12	<142	100	113	117	124	63	73	76	85
	142~145	101	114	118	125	63	73	77	85
	146~150	102	116	120	127	64	74	77	86
	151~154	103	117	121	129	64	74	78	86
	155~158	104	118	122	130	64	74	78	87
	159~162	105	119	123	130	64	74	78	87
	≥163	105	119	123	131	64	74	78	87
13	<147	101	115	119	126	64	74	77	86
	147~149	102	116	120	127	64	74	78	87
	150~153	103	117	121	128	64	74	78	87
	154~157	104	118	122	129	65	74	78	87
	158~161	105	119	123	130	65	74	78	87
	162~164	105	119	123	131	65	74	78	87
	≥165	105	119	123	131	65	75	78	87
14	<149	102	116	120	127	65	74	78	87
	149~152	103	117	121	128	65	75	78	87
	153~155	104	118	122	129	65	75	78	87
	156~159	104	118	122	130	65	75	78	87
	160~163	105	119	123	130	65	75	78	87
	164~166	105	119	123	131	65	75	79	87
	≥167	106	120	124	131	65	75	79	88
15	<151	103	116	120	128	65	75	79	87
	151~152	103	117	121	128	65	75	79	88
	153~156	104	118	122	129	65	75	79	88
	157~160	105	119	123	130	65	75	79	88
	161~163	105	119	123	131	65	75	79	88
	164~166	105	120	124	131	65	75	79	88
	≥167	106	120	124	131	65	75	79	88
16	<151	103	117	121	128	65	75	79	88
	151~153	103	117	121	129	65	75	79	88
	154~157	104	118	122	130	65	75	79	88
	158~160	105	119	123	130	65	75	79	88
	161~164	105	119	123	131	66	76	79	88
	165~167	106	120	124	131	66	76	79	88
	≥168	106	120	124	132	66	76	79	88
17	<152	103	117	121	129	66	76	79	88
	152~154	104	118	122	129	66	76	79	89
	155~157	104	118	122	130	66	76	80	89
	158~161	105	119	123	130	66	76	80	89
	162~164	105	119	124	131	66	76	80	89
	165~167	106	120	124	132	66	76	80	89
	≥168	106	120	124	132	66	76	80	89

注:参照人群的来源详见表 1,收缩压有效数据为 52 392 人,舒张压有效数据为 20 742 人。各年龄 7 个身高范围分别表示该年龄身高 $<P_{7.5}$ 、 $P_{7.5} \sim (P_{17.5} - 1)$ 、 $P_{17.5} \sim (P_{37.5} - 1)$ 、 $P_{37.5} \sim (P_{62.5} - 1)$ 、 $P_{62.5} \sim (P_{82.5} - 1)$ 、 $P_{82.5} \sim (P_{92.5} - 1)$ 和 $\geq P_{92.5}$ 。测量的身高若包含小数,应四舍五入取整数后再查表。



注:身高 P_5 :更新标准身高 P_5 对应的 P_{95} 血压值;身高 P_{95} :更新标准身高 P_{95} 对应的 P_{95} 血压值;2010 年标准:2010 年标准的 P_{95} 血压值。

图 1 更新标准 P_5 和 P_{95} 身高对应的 P_{95} 血压值与 2010 年标准相应血压值的比较

3 讨论

3.1 更新 2010 年标准的必要性 制定科学合理的儿童血压参照标准是实现高血压儿童期防治的关键核心技术。已有证据表明儿童身高独立于年龄,与血压呈正相关^[27-28]。近年来基于大规模的儿童血压流行病学调查研究,美国、德国、波兰和伊朗相继制定了基于本国人群的性别、年龄别和身高别的儿童血压参照标准^[8, 12-14, 29-30]。

中国儿童血压参照标准一直在不断完善中。1991 年李家宜等^[31]发布第一个 6~18 岁儿童血压参照标准,该标准基于一个小样本(5916 人)和地区代表性(北京)数据产生,限制了其应用范围。其间,国内的流行病学调查主要使用美国标准。2010 年米杰等^[10]研制产生第一个基于全国代表数据的中国 3~17 岁儿童性别和年龄别血压参照标准,并首次写入《中国高血压防治指南 2010》,在流行病学调查和临床实践中得到了广泛应用。该标准更多考虑使用的便捷性,未考虑身高因素,在实际应用中,会对部分高身材的儿童产生误诊。为了纠正身高对血压的影响,一些学者相继提出基于地方性样本或多地区但小样本的儿童血压标准,鉴于样本的代表性差及血压测量不规范等原因,其使用范围有限^[18, 32-33]。

随着大数据处理能力的增加及电子智能血压计的普及,使用纳入身高的标准诊断高血压已相对容易,本文对 2010 年标准进行更新,即建立更加准确的性别、年龄别及身高别的儿童血压参照标准。

3.2 更新标准的研制思路 与 2010 年中国儿童血压参照标准相比,更新标准主要在以下几个方面进行了更新:首先,更新标准不仅考虑性别和年龄,同时考虑身高因素。研究证明,相同性别、年龄时,身高越高血压水平越高,考虑身高因素可排除由于身高差异造成

的儿童高血压的误诊和漏诊^[27-28]。对于不同地区,由于遗传、气候、经济及营养状况不同导致儿童身高差异较大;且不同年代儿童身高不断变化,近几十年来儿童平均身高持续增高^[34]。比较不同地区及不同年代儿童血压水平时,更需考虑身高因素的影响。

其次,2010 年标准采用 LMS 模型进行研制,但该模型不能同时处理两个自变量(年龄和身高)。因此,更新标准采用能同时处理两个自变量的 GAMLSS 模型,目前 WHO 和一些国家均使用该模型来制定儿童生长发育或血压参照标准^[11-12, 14, 35]。

最后,与 2010 年标准同时制定收缩压、舒张压(K4)及舒张压(K5)参照标准不同,更新标准仅制定收缩压及舒张压(K5)的参照标准。其原因是:①测量 K4 对测量者的要求较高;②与成人舒张压定义(即 K5)保持一致;③考虑国际上各儿童血压标准均以 K5 定义舒张压^[8, 11, 30];④水银血压计被电子血压计替代已成趋势,而按美国医疗仪器促进协会(The Association for the Advancement of Medical Instrumentation, AAMI)的规定,对电子血压计舒张压值验证要求参照听诊法 K5^[36]。

3.3 更新标准与 2010 标准比较 采用与国际接轨的方法,更新标准对每岁组提供了 7 个身高百分位对应的血压百分位值,充分考虑了身高对血压的影响,从而更准确评估个体的血压水平状况。如,更新标准分别提高了高身材(P_{95})和降低了矮身材(P_5)对应的 P_{95} 的高血压诊断切点,可分别降低对上述两类人群的误诊和漏诊。

本研究利用一个独立样本数据,比较分析了更新标准与 2010 年标准诊断儿童高血压的一致性,结果显示,更新标准主要在纠正 2010 年标准对高身材儿童的高血压误诊方面效率明显,降低了 9.9% 的误诊。

综上,与 2010 年标准相比,更新标准可以更准确

地评估不同身高儿童的血压水平。

3.4 更新标准的使用 本次更新标准是根据听诊法数据制定。电子血压计测量的血压值一般较听诊法测量结果偏高^[37],经过国际标准验证的合格电子血压计与水银血压计的测量结果差值 <5 mm Hg,因此更新标准同样适用于电子血压计的测量结果。

更新标准对血压百分位值的定义同《中国高血压防治指南 2010》,即 ① 正常血压:收缩压/舒张压 $<P_{90}$;②高血压前期(prehypertension)或“正常高值血压”(high-normal blood pressure): $P_{90}\leq$ 收缩压/舒张压 $<P_{95}$,或收缩压/舒张压 $\geq 120/80$ mm Hg;③高血压(hypertension):收缩压/舒张压 $\geq P_{95}$ 。儿童血压水平变异范围大,对个体进行高血压诊断不能基于单一时点的血压测量结果,当收缩压/舒张压 $\geq P_{95}$ 时,应间隔 2~4 周后复测血压,依然高者再行第 2 次复测,连续 3 个不同时间收缩压/舒张压均 $\geq P_{95}$ 方可诊断为高血压^[8-9]。因此,儿童高血压的诊断是一个动态过程。诊断为高血压后,再进行高血压程度的分级:1 级高血压(stage 1 hypertension): $P_{95}\sim P_{99}+5$ mm Hg;2 级高血压(stage 2 hypertension): $\geq P_{99}+5$ mm Hg。

评估儿童血压水平的目的,是为了及时筛查和初步诊断出高血压高危个体,明确诊断还需进一步寻找高血压病因、伴随危险因素(如肥胖或高血压家族史等)和评估靶器官状态等,基于评估结果,制定针对性的干预和治疗方案。总之,本更新标准可作为评估我国 3~17 岁儿童血压水平的工具,适用于人群流行病学调查、科学研究及临床医疗服务等对高血压儿童的筛查和初步诊断,为实现中国高血压防治窗口的“下移”提供技术支撑。

本主题国内外已有的结论

- 高血压儿童已经出现心脏等靶器官的临床和亚临床损害;在不干预情况下,儿童期持续血压偏高的个体将发展为成年高血压,并较早出现靶器官损害。
- 性别、年龄别和身高别的儿童血压标准可以精确评估儿童的血压水平,为及时发现高血压儿童提供技术支撑。

本文特色与见解

- 基于一个样本量大且有全国代表性的参照人群,本研究制定了性别、年龄别和身高别的 3~17 岁儿童血压标准。
- 与仅考虑性别和年龄的 2010 年标准相比,性别、年龄别和身高别的儿童血压标准可以减少极端身高人群的误诊和漏诊。

中国儿童血压标准数据协作组:首都医科大学附属北京儿童医院(王天有);首都儿科研究所(孟玲慧);中国医学科学院基础医学研究所(朱广谨、韩少梅);湖南省儿童医院(钟燕);天津市妇女儿童保健中心(刘功姝);上海交通大学医学院附属仁济医院(万艳萍);重庆医科大学附属儿童医院(熊丰);中国医科大学附属第一医院(时景璞);复旦大学附属儿科医院(严卫丽);广东省珠海市人民医院(周丕明)。

参考文献

- [1] 国家心血管病中心. 中国心血管病报告 2015[M]. 北京:中国大百科全书出版社,2016:13-24.
- [2] Ingelfinger JR. The child or adolescent with elevated blood pressure[J]. N Engl J Med,2014,370(24):2316-2325.
- [3] Litwin M, Niemirska A, Sladowska J, et al. Left ventricular hypertrophy and arterial wall thickening in children with essential hypertension[J]. Pediatr Nephrol,2006,21(6):811-819.
- [4] Daniels SR, Loggie JM, Khoury P, et al. Left ventricular geometry and severe left ventricular hypertrophy in children and adolescents with essential hypertension[J]. Circulation,1998,97(19):1907-1911.
- [5] Sorof JM, Alexandrov AV, Garami Z, et al. Carotid ultrasonography for detection of vascular abnormalities in hypertensive children[J]. Pediatr Nephrol,2003,18(10):1020-1024.
- [6] Li S, Chen W, Srinivasan SR, et al. Childhood blood pressure as a predictor of arterial stiffness in young adults: the Bogalusa heart study[J]. Hypertension,2004,43(3):541-546.
- [7] Chen X, Wang Y. Tracking of blood pressure from childhood to adulthood: a systematic review and meta-regression analysis[J]. Circulation,2008,117(25):3171-3180.
- [8] 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[J]. Pediatrics,2004,114(2 Suppl 4th report):555-576.
- [9] Daniels SR. How to define hypertension in children and adolescents[J]. Circulation,2016,133(4):350-351.
- [10] 米杰,王天有,孟玲慧,等. 中国儿童青少年血压参照标准的研究制定[J]. 中国循证儿科杂志,2010,5(1):4-14.
- [11] Xi B, Zong X, Kelishadi R, et al. Establishing international blood pressure references among nonoverweight children and adolescents aged 6 to 17 years[J]. Circulation,2016,133(4):398-408.
- [12] Neuhauser HK, Thamm M, Ellert U, et al. Blood pressure percentiles by age and height from nonoverweight children and adolescents in Germany[J]. Pediatrics,2011,127(4):e978-988.
- [13] Kułaga Z, Litwin M, Grajda A, et al. Oscillometric blood pressure percentiles for Polish normal-weight school-aged children and adolescents[J]. J Hypertens,2012,30(10):1942-1954.
- [14] Ataei N, Hosseini M, Fayaz M, et al. Blood pressure percentiles by age and height for children and adolescents in Tehran, Iran [J]. J Hum Hypertens,2016,30(4):268-277.

- [15] Stasinopoulos DM, Rigby RA. Generalized additive models for location scale and shape (GAMLSS) in R[J]. J Stat Softw, 2007, 23(7):1-46.
- [16] de Onis M, Garza C, Onyango AW, et al. WHO growth standards for infants and young children[J]. Arch Pediatr, 2009, 16(1):47-53.
- [17] Cole TJ, Stanojevic S, Stocks J, et al. Age- and size-related reference ranges: a case study of spirometry through childhood and adulthood[J]. Stat Med, 2009, 28(5):880-898.
- [18] 严恺, 王倩, 姚华, 等. 应用 GAMLSS 技术构建基于性别、年龄和身高的新疆 7~17 岁儿童青少年血压参考标准[J]. 中国循证儿科杂志, 2011, 6(5):340-348.
- [19] 席波, 米杰, 王俐, 等. 北京市儿童青少年原发性高血压的家庭聚集性分析[J]. 中华流行病学杂志, 2008, 29(9):849-854.
- [20] 祖淑玉, 刘伟, 徐成丽, 等. 2001 年河北省儿童青少年血压及相关因素分析[J]. 基础医学与临床, 2007, 27(5):499-504.
- [21] 田祯, 王萍, 戴丽娜, 等. 天津市 3~6 岁儿童血压状况调查[J]. 中国儿童保健杂志, 2007, 15(1):76-78.
- [22] 万燕萍, 张晓敏, 陆丽萍, 等. 上海地区 7326 名在校学生高血压分布趋势及相关因素分析[J]. 临床儿科杂志, 2007, 25(12):1005-1008.
- [23] 曾燕, 熊丰, 龙春利, 等. 重庆地区儿童肥胖症患病率及其与血压的关系[J]. 重庆医科大学学报, 2006, 31(4):590-592.
- [24] 欧凤荣, 时景璞, 高嘉宁, 等. 北票市 5762 名儿童高血压患病率调查[J]. 中国公共卫生, 2005, 21(6):649-651.
- [25] Yan W, Wang X, Yao H, et al. Waist-to-height ratio and BMI predict different cardiovascular risk factors in Chinese children[J]. Diabetes Care, 2006, 29(12):2760-2761.
- [26] 周丕明, 黄偕文, 陈惜木, 等. 3~6 岁儿童肥胖度对血压影响的调查分析[J]. 中国循环杂志, 2003, 18(5):373-375.
- [27] Gillum RF, Prineas RJ, Horibe H, et al. Maturation vs age: assessing blood pressure by height[J]. J Natl Med Assoc, 1982, 74(1):43-46.
- [28] Jiang X, Cao Z, Shen L, et al. Blood pressure tables for Chinese adolescents: justification for incorporation of important influencing factors of height, age and sex in the tables[J]. BMC Pediatr, 2014, 14:10.
- [29] A Working group report from the national high blood pressure education program. Update on the 1987 task force on high blood pressure in children and adolescents[J]. Pediatrics, 1996, 98(4):649-658.
- [30] Lurbe E, Cifkova R, Cruickshank JK, et al. Management of high blood pressure in children and adolescents: recommendations of the European Society of Hypertension[J]. J Hypertens, 2009, 27(9):1719-1742.
- [31] 李竞, 李家宜, 梁翊常, 等. 儿童青少年血压调查研究[J]. 中华儿科杂志, 1991, 29(1):34-36.
- [32] 王予川, 刘君实, 周燕明, 等. 贵阳市区少年儿童高血压诊断标准探讨[J]. 贵州医药, 2008, 32(6):554-555.
- [33] Yan W, Liu F, Li X, et al. Blood pressure percentiles by age and height for non-overweight Chinese children and adolescents: analysis of the China health and nutrition surveys 1991-2009[J]. BMC Pediatr, 2013, 13:195.
- [34] 马军, 吴双胜, 宋逸, 等. 1985-2005 年中国 7~18 岁学生身高、体重变化趋势分析[J]. 北京大学学报医学版, 2010, 42(3):318-322.
- [35] de Onis M, Onyango AW, Borghi E, et al. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents[J]. Bull World Health Organ, 2007, 85(9):660-667.
- [36] ANSI/AAMI/ISO 81060-2:2013. International Standard. Non-invasive sphygmomanometers. Part 2: clinical investigation of automated measurement type[S/OL]. 2013[2016-12-20]. http://my.aami.org/aamiresources/previewfiles/8106002_1306_preview.pdf.
- [37] Duncombe SL, Voss C, Harris KC. Oscillometric and auscultatory blood pressure measurement methods in children: a systematic review and meta-analysis[J]. J Hypertens, 2017, 35(2):213-224.

收稿日期:2016-12-25 责任编辑:张刘锋