·儿童期心血管健康·

儿童青少年身高别高血压筛查界值简化表的制定与验证

侯亚苹[1] 刘琴[2] 羊柳[1] 赵敏[3] 宗心南[4] 席波[1]

[1]山东大学公共卫生学院流行病学系 山东大学儿童心血管研究中心,济南 250012;[2]首都儿科研究所附属儿童医院超声科,北京 100020;[3]山东大学公共卫生学院营养与食品卫生系,济南 250012;[4]首都儿科研究所生长发育室,北京 100020

侯亚苹和刘琴对本文有同等贡献

通信作者:席波,Email: xibo2010@sdu.edu.cn,电话:0531-88382141

【摘要】 目的 建立中国儿童青少年身高别高血压筛查界值简化表并评价其效果。**方法** 依据中国《7~18岁儿童青少年血压偏高筛查界值(WS/T 610-2018)》(简称"复杂标准")建立中国儿童青少年身高别高血压筛查界值简化表。以在山东省济南市开展的"儿童心血管疾病的预警、诊治技术研究"项目济南调查点人群("济南人群")和在淄博市开展的"山东儿童心血管队列研究"项目人群("淄博人群")为验证人群,以"复杂标准"为参照,评价该简化表筛查儿童青少年血压偏高和高血压的效果。**结果** 所建立的身高别高血压筛查界值简化表包括7个身高组,共28个界值。"济南人群"和"淄博人群"均为方便整群抽样所确定,前者包含7 233名7~17岁学生,其中男生3 790名(52.4%);后者包含1 277名7~11岁学生,其中男生681名(53.3%)。以"济南人群"验证基于该简化表筛查儿童青少年血压偏高的受试者工作特征曲线下面积(95%*CI*)、灵敏度、特异度和Kappa值分别为0.96(0.95~0.97)、93.0%、98.5%和0.91,与"淄博人群"的验证结果相近[分别为0.92(0.90~0.95)、87.0%、98.0%和0.85]。以"济南人群"验证筛查儿童青少年高血压的曲线下面积(95%*CI*)、灵敏度、特异度和Kappa值分别为0.92(0.91~0.94)、86.9% 、98.1%和0.85,亦与"淄博人群"的验证结果相近[分别为0.94(0.91~0.96)、88.2%、98.9%和0.88]。**结论** 基于中国儿童青少年身高别高血压筛查界值简化表筛查血压偏高和高血压步骤简便,筛查效果较好。

【关键词】 高血压; 儿童; 青少年; 横断面研究; 界值点

基金项目:国家自然科学基金(81673195)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2019.07.009

Development and validation of a simplified height-specific blood pressure cutoffs table for screening hypertension in Chinese children and adolescents

Hou Yaping[1], Liu Qin[2], Yang Liu[1], Zhao Min[3], Zong Xinnan[4], Xi Bo[1]

[1]Department of Epidemiology, School of Public Health, Shandong University / Children Cardiovascular Research Center of Shandong University, Ji'nan 250012, China; [2]Department of Ultrasound, Capital Institute of Pediatrics, Beijing 100020, China; [3]Department of Nutrition and Food Hygiene, School of Public Health, Shandong University, Ji'nan 250012, China; [4]Department of Child Growth and Development, Capital Institute of Pediatrics, Beijing 100020, China

Hou Yaping and Liu Qin contribute equally to this article

Corresponding author: Xi Bo, Email: xibo2010@sdu.edu.cn, Tel: 0086-531-88382141

【Abstract】 Objective To develop and validate a simplified height-specific blood pressure cutoffs table for screening hypertension in Chinese children and adolescents. **Methods** We developed a simplified height-specific blood pressure cut offs table according to Chinese Blood Pressure Reference for Children and Adolescents aged 7-18 years (WS/T 610-2018) (hereafter referred to as "complex definition"). Populations from Early Warning, Diagnosis and Treatment of Children Cardiovascular Disease Project ("Ji'nan sample") and Shandong Children Cardiovascular Cohort Study Project ("Zibo sample") were used as validation populations for evaluating the screening effect of the simplified table for elevated blood pressure

and hypertension in children and adolescents. **Results** We developed simplified height-specific blood pressure cutoffs table including 7 height groups and 28 cutoffs. Both Ji′nan and Zibo samples were selected by convenient sampling method, and the former included 7 233 participants aged 7 to 17 years, among whom 3 790 (52.4%) were boys. Latter population included 1 277 participants aged 7 to 11 years, among whom 681 (53.3%) were boys. The simplified table performed well for identifying elevated blood pressure in Ji′nan sample, with values of area under the receiver operating curve (AUC) (95%*CI*), sensitivity, specificity, and Kappa statistic as 0.96 (0.95–0.97), 93.0%, 98.5% and 0.91, respectively, which were similar with results in Zibo sample [the values were 0.92 (0.90–0.95), 87.0%, 98.0% and 0.85, respectively]. The simplified table also performed well for identifying hypertension in Ji′nan sample with values of AUC (95%*CI*), sensitivity, specificity, and Kappa statistic as 0.92 (0.91–0.94), 86.9%, 98.1% and 0.85, respectively, which were similar with results in Zibo sample [the values were 0.94 (0.91–0.96), 88.2%, 98.9% and 0.88, respectively]. **Conclusion** Screening for elevated and high blood pressure based on simplified height-specific blood pressure cutoffs table is easy to use and it shows satisfying effect.

【**Key words**】 Hypertension; Child; Adolescent; Cross-sectional studies; Cut-offs

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81673195)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2019.07.009

2018年，中国发布了《7~18岁儿童青少年血压偏高筛查界值（WS/T 610-2018）》（简称“复杂标准”）[1-2]。该标准包括700余个界值，筛查过程烦琐，不便于在学校或基层医疗机构中使用。2013年，Chiolero 等[3]制定身高别高血压筛查界值简化表用以筛查儿童青少年血压偏高。2016年，有研究采用7个国家的全国代表性数据，评价了国际上已知的11种简化方法（包括性别年龄别血压简化表、年龄组别血压简化表、简化公式法、血压身高比和身高别高血压筛查界值简化表[3]），发现Chiolero等制定的身高别高血压筛查界值简化表的效果最好[4-9]。该身高别血压简化表的不再考虑性别和年龄别，而且界值约30个，具有较强的可操作性。儿童青少年的血压可能存在种族差异，有必要制定适合中国儿童青少年生长发育特点的身高别高血压筛查界值简化表。本研究以中国7~17岁儿童青少年血压偏高筛查界值为基础，制定中国儿童青少年身高别高血压筛查界值简化表，并对该简化表的筛查效果进行评价。

资料与方法

1. 中国儿童青少年身高别高血压筛查界值简化表的制定：参考Chiolero等[3]的身高别高血压筛查界值简化表研制流程，以“复杂标准”[1-2]为基础，制定中国7~17岁儿童青少年身高别高血压筛查界值简化表，其主要步骤为：提取性别、年龄别对应身高的P_5、P_{10}、P_{15}、P_{25}、P_{50}、P_{75}、P_{90}和P_{95}，并匹配相应的P_{90}和P_{95}的血压界值，将身高按10 cm间距分组，每组内取对应血压的均值，然后制定出包含7组身高别血压偏高和高血压界值的身高别高血压筛查界值简化表。

2. 验证简化方法的人群来源：源自两个独立人群，包括：（1）儿童心血管疾病的预警、诊治技术研究项目济南点人群（简称“济南人群”）[10]。该项目采用方便整群抽样，于2012年9月至2014年9月在山东省济南市城区选取4所中等水平非寄宿公立中小学校（2所小学、1所初中和1所高中）作为调查点，共纳入7 233名7~17岁儿童青少年；（2）山东儿童心血管队列研究项目人群（简称“淄博人群”）[11]。该项目采用方便整群抽样，于2017年11月至2018年1月在山东省淄博市选取1所非寄宿制公立小学作为调查点，共纳入1 277名7~11岁儿童。以上研究仅纳入身体健康儿童，排除有严重内分泌疾病和心血管疾病者，研究前均获得研究对象及其监护人的知情同意书以及首都儿科研究所伦理委员会和山东大学公共卫生学院伦理委员会的批准（批号分别为2012062和20160308）。

3. 指标测量方法：（1）身高体重：济南和“淄博人群”分别采用RGZ-120身高体重秤（江苏苏宏医疗器械有限公司）和HGM-300超声身高体重仪（河南盛苑实业有限公司）测量身高和体重。测量时要求受试者赤足脱帽，身着轻薄衣物，取立正姿势，双目平视前方，记录2次身高和体重值，分别取均值，其中身高精确至0.1 cm，体重精确至0.1 kg。（2）血压：两人群均采用欧姆龙HEM-7012型电子血压计［欧姆龙健康医疗（中国）有限公司］测量血压，该电子血压计在中国儿童人群中经过验证，其准确性满足科研和临床使用要求[12]。测量时要求室内安静，受测者测量前休息5~10 min。受测者臂带中心高

度与心脏齐平，双脚并拢平放于地面。根据受试者右臂的上臂围大小选择合适的臂带。连续测量3次，相邻测量差值≤5 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa），对后两次读数取均值。

4. 诊断标准：（1）“复杂标准”：收缩压和（或）舒张压≥性别、年龄别和身高别血压的 P_{90}（或≥120/80 mmHg）且<P_{95}为血压偏高，≥P_{95}为高血压。（2）身高别高血压筛查界值简化表：SBP和（或）DBP≥身高别血压的 P_{90} 且<P_{95}为血压偏高，≥P_{95}为高血压。超重肥胖的定义参照中国学龄儿童青少年超重与肥胖筛查界值（2018年）[13]。

5. 质量控制：（1）仪器校正：测量前，对身高体重仪和电子血压计进行测试和校正，保证其精确度和稳定性；采用汞柱式血压计对电子血压计进行校正，各测量3次，要求两两差值≤4 mmHg。（2）人员培训：在正式调查之前，由质控人员对所有调查人员进行统一规范化培训，包括测量工具的使用和调查问卷信息的采集流程。（3）数据录入与整理：调查数据采用双人双录入。录入完毕后，对各变量进行逻辑纠错，排除异常值。

6. 统计学分析：采用 Epidata 3.0 软件录入数据，采用SAS 9.4进行统计分析。年龄、收缩压、舒张压、身高、体重和体质指数等连续变量均呈正态分布，以 $\bar{x} \pm s$ 表示。超重肥胖、血压偏高和高血压等分类资料以 n（%）表示。以“复杂标准”为参照，采用受试者工作特征曲线下面积（area under the curve，AUC）、灵敏度、特异度和Kappa值评价基于身高别高血压筛查界值简化表筛查血压偏高和高血压的效果。一般而言，AUC越接近于1，则筛检试验的精确性越高[14]。当AUC≥0.9时，表示精确度很好；当AUC≥0.8且<0.9时，表示精确度较好；当AUC≥0.7且<0.8时，表示精确度中等；当AUC≥0.6且<0.7时，表示精确度一般；当AUC<0.6时，表示精确度较差。

结　果

1. 中国儿童青少年身高别高血压筛查界值简化表：依据方法部分所述步骤，得到中国儿童青少年身高别高血压筛查界值简化表，该表共包含了28个界值，用于不同身高儿童青少年的血压偏高和高血压筛查（表1）。

2. 调查对象基本情况：“济南人群”包含7 233名7~17岁学生，其中男生3 790名（52.4%）。按照“复杂标准”，血压偏高和高血压检出率分别为15.4%（1 117/7 233）和12.3%（890/7 233）。“淄博人群”包含1 277名7~11岁学生，其中男生681名（53.3%）。按照“复杂标准”，血压偏高和高血压检出率分别为12.5%（159/1 277）和10.6%（135/1 277）。“济南人群”和“淄博人群”按照性别分组的结果见表2。

表1　中国儿童青少年身高别高血压筛查界值简化表（mmHg）

身高（cm）	血压偏高界值		高血压界值	
	收缩压	舒张压	收缩压	舒张压
<125	106	70	110	74
125~134	111	73	116	76
135~144	115	75	120	78
145~154	118	76	123	79
155~164	119	78	126	81
165~174	120	80	130	83
≥175	120	80	131	84

注：1 mmHg=0.133 kPa

3. 应用身高别高血压筛查界值简化表筛查儿童青少年血压偏高和高血压的效果评价：以“复杂标准”为参照，应用身高别高血压筛查界值简化表筛查儿童青少年血压偏高和高血压与前者具有较好的一致性。以“济南人群”进行验证该方法筛查儿童青少年血压偏高的AUC（95%*CI*）、灵敏度、特异度和Kappa值分别为0.96（0.95~0.97）、93.0%、98.5%和0.91，与“淄博人群”的验证结果相近［分别为0.92（0.90~0.95）、87.0%、98.0%和0.85］。以“济南人群”进行验证该方法筛查儿童青少年高血压的AUC（95%*CI*）、灵敏度、特异度和Kappa值分别为0.92（0.91~0.94）、86.9%、98.1%和0.85，亦与“淄博人群”的验证结果相近［分别为0.94（0.91~0.96）、88.2%、98.9%和0.88］。详见表3、4。

讨　论

伴随着我国儿童肥胖检出率的逐年增加[15]，儿童高血压检出率呈逐年增加趋势[16]。早期筛查和识别高血压儿童，对于预防和控制亚临床心血管损害具有重要意义。本研究在两个独立的儿童人群中对身高别血压简化表筛查血压偏高和高血压的效果进行了验证。结果表明，身高别表格法筛查儿童青少年血压偏高和高血压的效果较好。身高别表格法的血压界值较少，仅有28个，可应用于临床

表2　调查对象基本情况($\bar{x} \pm s$)

项目	“济南人群”		“淄博人群”	
	男生(3 790名)	女生(3 443名)	男生(681名)	女生(596名)
年龄(岁)	11.8±2.9	11.8±2.9	8.9±1.3	8.8±1.3
收缩压(mmHg)	113.3±13.2	107.3±10.8	107.8±8.9	106.6±9.1
舒张压(mmHg)	64.5±7.9	64.7±7.8	63.8±6.6	64.4±6.8
身高(cm)	155.5±17.2	151.1±13.7	139.1±9.5	138.1±9.9
体重(kg)	52.8±20.2	46.0±14.8	37.3±10.9	34.5±9.5
体重指数(kg/m^2)	21.1±4.9	19.6±4.0	18.9±3.7	17.8±3.2
超重或肥胖[n(%)]	1 729(45.6)	962(28.0)	316(46.4)	193(32.4)
血压偏高[n(%)]	788(20.8)	329(9.6)	86(12.6)	73(12.3)
高血压[n(%)]	543(14.3)	347(10.1)	70(10.3)	65(10.9)

注:1 mmHg=0.133 kPa;“济南人群”指儿童心血管疾病的预警、诊治技术研究项目济南调查点人群;“淄博人群”指山东儿童心血管队列研究项目人群

表3　采用高血压筛查界值简化表筛查儿童青少年血压偏高的效果评价

特征	曲线下面积(95%*CI*)		灵敏度(%)		特异度(%)		Kappa值	
	“济南人群”	“淄博人群”	“济南人群”	“淄博人群”	“济南人群”	“淄博人群”	“济南人群”	“淄博人群”
性别								
男	0.98(0.97~0.98)	0.94(0.91~0.98)	97.8	91.9	97.8	97.0	0.94	0.84
女	0.91(0.89~0.93)	0.91(0.86~0.95)	82.8	81.9	99.2	99.1	0.86	0.86
年龄(岁)								
7~11	0.90(0.88~0.92)	0.92(0.90~0.95)	82.1	87.0	97.9	98.0	0.80	0.85
12~17	0.98(0.98~0.99)		97.6		99.1		0.96	
体重状态								
正常	0.96(0.95~0.97)	0.90(0.85~0.94)	92.4	80.5	99.2	99.4	0.92	0.85
超重或肥胖	0.95(0.94~0.96)	0.95(0.92~0.98)	93.5	94.2	96.8	95.4	0.89	0.84

注:“济南人群”指儿童心血管疾病的预警、诊治技术研究项目济南调查点人群;“淄博人群”指山东儿童心血管队列研究项目人群。“淄博人群”无12~17年龄组数据

表4　采用高血压筛查界值简化表筛查儿童青少年高血压效果评价

特征	曲线下面积(95%*CI*)		灵敏度(%)		特异度(%)		Kappa值	
	“济南人群”	“淄博人群”	“济南人群”	“淄博人群”	“济南人群”	“淄博人群”	“济南人群”	“淄博人群”
性别								
男生	0.96(0.95~0.97)	0.95(0.91~0.98)	95.6	91.4	96.5	98.0	0.86	0.86
女生	0.86(0.84~0.89)	0.92(0.88~0.97)	73.2	84.6	99.7	99.8	0.82	0.90
年龄(岁)								
7~11	0.92(0.90~0.94)	0.94(0.91~0.96)	86.1	88.2	98.6	98.9	0.85	0.88
12~17	0.92(0.91~0.94)		87.3		97.6		0.84	
体重状态								
正常	0.90(0.88~0.92)	0.90(0.85~0.96)	80.5	81.6	99.1	99.3	0.82	0.84
超重或肥胖	0.93(0.92~0.94)	0.95(0.92~0.98)	89.9	91.9	95.9	98.1	0.85	0.90

注:“济南人群”指儿童心血管疾病的预警、诊治技术研究项目济南调查点人群;“淄博人群”指山东儿童心血管队列研究项目人群。“淄博人群”无12~17年龄组数据

实践和预防保健中,用于儿童青少年血压异常的快速识别。对于简化方法筛查血压偏高的儿童,再通过“复杂标准”进行确诊,从而可以大大减少工作量。

在儿童青少年中,与年龄相比,身高与血压的关系更为密切[17],更能反映出机体的生长发育情况。来自瑞士的Chiolero等[3]学者最早提出采用单纯身高别血压界值表来简化儿童血压诊断标准,其阳性预测值达到90%,阴性预测值达到98%。笔者前期的研究表明,采用单纯身高别血压简化表来筛

查儿童高血压的效果最好[4,18]。但以上身高别血压简化界值是基于美国2004年第4次血压报告[19]和2017年美国儿科协会儿童血压“复杂标准”[20]。本研究制定的身高别血压界值是基于我国最新卫生行业标准，更符合我国儿童青少年生长发育规律。身高别表格法在本研究的两个独立人群中的AUC值，灵敏度、特异度和Kappa值均较高，说明身高别表格法与“复杂标准”筛查出的血压偏高和高血压一致性较高。

本研究的优点在于样本量较大，采用两个独立儿童人群得到近似结果，表明研究结果具有一定的稳定性和外推性。本研究局限性在于：(1)本研究的验证人群均为横断面研究，需要队列研究来验证简化表筛查出的高血压与健康结局之间的关联；(2)本研究人群来源于山东省济南市和淄博市，需要进一步扩大研究样本的代表性进行验证。

综上所述，身高别表格法筛查儿童青少年血压偏高和高血压的效果较好，同时该方法界值少，使用简便，可作为儿童青少年高血压的早期筛查工具，从而预防儿童青少年早期靶器官损害和成年期心血管疾病。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. WS/T 610-2018 7岁~18岁儿童青少年血压偏高筛查界值[S]. 北京:中国标准出版社, 2018.

[2] Dong Y, Ma J, Song Y, et al. National blood pressure reference for Chinese Han children and adolescents aged 7 to 17 Years [J]. Hypertension, 2017, 70(5): 897-906. DOI: 10.1161 / HYPERTENSIONAHA.117.09983.

[3] Chiolero A, Paradis G, Simonetti GD, et al. Absolute height-specific thresholds to identify elevated blood pressure in children[J]. J Hypertens, 2013, 31(6): 1170-1174. DOI: 10.1097/HJH.0b013e32836041ff.

[4] Ma C, Kelishadi R, Hong YM, et al. Performance of eleven simplified methods for the identification of elevated blood pressure in children and adolescents[J]. Hypertension, 2016,68(3): 614-620. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.116.07659.

[5] Kaelber DC, Pickett F. Simple table to identify children and adolescents needing further evaluation of blood pressure[J]. Pediatrics, 2009, 123(6): e972-974. DOI: 10.1542 / peds. 2008-2680.

[6] Mitchell CK, Theriot JA, Sayat JG, et al. A simplified table improves the recognition of paediatric hypertension[J]. J Paediatr Child Health, 2011,47(1-2): 22-26. DOI: 10.1111/j. 1440-1754.2010.01885.x.

[7] Badeli H, Sajedi SA, Shakiba M. Simple formulas for screening abnormal blood pressure in children and adolescents [J]. Iran J Kidney Dis, 2010, 4(3): 250-252. DOI: 10.1152 / ajprenal.00535.2010.

[8] Lu Q, Ma CM, Yin FZ, et al. How to simplify the diagnostic criteria of hypertension in adolescents[J]. J Hum Hypertens, 2011,25(3):159-163. DOI: 10.1038/jhh.2010.46.

[9] Xi B, Zhang M, Zhang T, et al. Hypertension screening using blood pressure to height ratio[J]. Pediatrics, 2014, 134(1): e106-111. DOI: 10.1542/peds.2014-0643.

[10] 杨丽丽, 席波. 济南市城区6~17岁儿童青少年超重和肥胖流行现状[J]. 中国儿童保健杂志, 2017, 25(11): 1108-1112. DOI: 10.11852/zgetbjzz2017-25-11-08.

[11] Zhao M, López-Bermejo A, Caserta CA, et al. Metabolically healthy obesity and high carotid intima-media thickness in children and adolescents: international childhood vascular structure evaluation consortium[J]. Diabetes Care, 2019,42(1): 119-125. DOI: 10.2337/dc18-1536.

[12] 孟玲慧, 侯冬青, 单馨影, 等. OMRON HEM-7012电子血压计测量儿童青少年血压的准确性评价[J]. 中华高血压杂志, 2013,21(2):158-162.

[13] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. WS/T 586-2018 学龄儿童青少年超重与肥胖筛查[S]. 北京:中国标准出版社, 2018.

[14] Zou KH, O'Malley AJ, Mauri L. Receiver-operating characteristic analysis for evaluating diagnostic tests and predictive models [J]. Circulation, 2007,115(5):654-657. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.594929.

[15] 王烁, 董彦会, 王政和, 等. 1985—2014年中国7~18岁学生超重与肥胖流行趋势[J]. 中华预防医学杂志, 2017,51(4): 300-305. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2017.04.005.

[16] 邹志勇, 董彦会, 马军. 2014年中国7~18岁儿童青少年血压偏高情况及其相关因素[J]. 中华预防医学杂志, 2017, 51 (4): 290-294. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2017.04.003.

[17] Regnault N, Kleinman KP, Rifas-Shiman SL, et al. Components of height and blood pressure in childhood[J]. Int J Epidemiol, 2014,43(1):149-159. DOI: 10.1093/ije/dyt248.

[18] Zhang Y, Yang L, Hou Y, et al. A simple table based on height to assess elevated and high blood pressure in children [J]. J Hum Hypertens, 2019, 33(3): 248-254. DOI: 10.1038 / s41371-018-0128-0.

[19] Falkner B, Daniels SR, Flynn JT. The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents[J]. Pediatrics, 2004, 114(2 Suppl 4): 555-576. DOI: 10.1542/peds.114.2.S2.555.

[20] Flynn JT, Kaelber DC, Baker-Smith CM, et al. Clinical practice guideline for screening and management of high blood pressure in children and adolescents[J]. Pediatrics, 2017,140(3): e20171904. DOI: 10.1542/peds.2017-1904.

（收稿日期：2019-01-27）

（本文编辑：吕相征）