

# 高血压儿童心血管结构和功能早期改变的病例对照研究

刘琴 董虹宇 孟玲慧 程红 闫银坤 刘军廷 米杰

**【摘要】 目的** 比较原发性高血压及血压正常儿童的心血管结构和功能情况,分析原发性高血压儿童心血管结构及功能的早期改变及其影响因素。**方法** 对经过非同日3个时点电子血压计筛查的213名6~18岁原发性高血压儿童(病例组)检测心脏结构和血管功能,并采用性别、年龄成组匹配,以197名血压正常儿童为对照组进行病例对照分析。**结果** (1)病例组左心室舒张末期期内径(LVEDd)、收缩末期期内径(LVESd)、左心室质量(LVM)、左心室质量指数(LVMI)均高于对照组(均 $P<0.05$ ),但两组间颈动脉内膜中层厚度(cIMT)、相对室壁厚度(RWT)、踝-臂脉搏波传导速度(baPWV)的差异无统计学意义(均 $P>0.05$ )。(2)不同年龄及肥胖程度儿童中,病例组LVEDd、LVESd、LVM、LVMI均高于对照组(均 $P<0.05$ ),但两组间cIMT、RWT的差异无统计学意义(均 $P>0.05$ );而baPWV在低年龄儿童中,病例组检测值低于对照组( $P<0.05$ )。(3)多元线性回归发现,高血压是LVMI的主要影响因素,而RWT的主要影响因素是年龄和BMI。**结论** 无临床症状的低龄高血压儿童已发生左心室重构,但尚未发现血管结构和功能的改变。

**【关键词】** 原发性高血压; 儿童; 心室结构; 左心室质量; 颈动脉内膜中层厚度; 血管硬化

**Impacts of hypertension on early changes of cardiovascular structure and function among children: a case-control study** Liu Qin<sup>1</sup>, Dong Hongbo<sup>1,2</sup>, Meng Linghui<sup>1</sup>, Cheng Hong<sup>1</sup>, Yan Yinkun<sup>1,2</sup>, Liu Junting<sup>1</sup>, Mi Jie<sup>1,2</sup>. 1 Department of Epidemiology, Capital Institute of Pediatrics, Beijing 100020, China; 2 Graduate School of Peking Union Medical College  
Corresponding author: Mi Jie, Email: jiemj@vip.163.com

This work was supported by grants from the National Natural Science Foundation of China (No. 81172746) and National Science and Technology Support Project of China (No. 2012BAI03B03).

**【Abstract】 Objective** To assess the cardiovascular structure and function in children with confirmed primary hypertension, and to explore the impact of hypertension and related risk factors on cardiovascular structure and function of children. **Methods** Parameters related to cardiac structure, vascular structure and function were measured in 213 hypertensive children, who were confirmed upon repeated measurements on separate occasions. A total of 197 healthy children were recruited as controls. **Results** 1) In hypertensive children, left ventricular end-diastolic diameter (LVEDd), left ventricular end-systolic diameter (LVESd), left ventricular mass (LVM), left ventricular mass index (LVMI), left ventricular posterior wall thickness (LVPT) and interventricular septal thickness (IVST) were all significantly higher than their counterparts ( $P<0.05$ ). No statistical differences were found in carotid intima-media thickness (cIMT), relative wall thickness (RWT) and brachial ankle pulse wave velocity (ba-PWV). 2) Compared with controls, LVEDd, LVESd, LVM, LVMI were all significantly higher in hypertensive children ( $P<0.05$ ), regardless of age group or weight-status. No statistical differences were found in cIMT and RWT, while ba-PWV was statistically higher in controls among children aged 6-12 years. 3) Data from multiple linear regression analysis noticed that LVMI was associated with age, sex, BMI and hypertension while RWT was associated with age and BMI. **Conclusion** In children with primary hypertension, changes of vascular structure and function were not shown but left ventricular remodeling and early changes of function had been developed in children under 12 years old.

**【Key words】** Primary hypertension; Children; Cardiac structure; Left ventricular mass; Carotid intima-media thickness; Vascular sclerosis

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.04.008

基金项目:国家自然科学基金(81172746); 国家科技支撑计划(2012BAI03B03)

作者单位:100020 北京,首都儿科研究所流行病学研究室(刘琴、董虹宇、孟玲慧、程红、闫银坤、刘军廷、米杰);北京协和医学院研究生院(董虹宇、闫银坤、米杰)

刘琴、董虹宇同为第一作者

通信作者:米杰, Email: jiemj@vip.163.com

高血压已成为全球心血管疾病发病和死亡的主要原因,且近年来患病率急剧上升并呈低龄化趋势<sup>[1]</sup>。流行病学研究显示,成年人原发性高血压可源于儿童时期。近些年由于儿童肥胖的蔓延,儿童高血压也随之逐年增加,已成为日益突出的公共卫生问题<sup>[2]</sup>。儿童高血压起病隐匿,大多无明显的临床症状。然而不同研究显示,即便血压轻度升高,其伴随的心脏、血管、肾脏等重要靶器官损害已不罕见<sup>[3]</sup>,是成年人心血管事件的主要危险因素<sup>[4]</sup>。因此,对高血压儿童靶器官的评估一方面可了解儿童心血管疾病的进展,另一方面若能及早发现并干预,这些危害常可以被逆转<sup>[5]</sup>。既往高血压儿童的靶器官研究多局限于血压升高较严重、合并其他疾病的临床病例,鲜有对人群中无症状高血压儿童靶器官损害发生情况的报道。为此本研究以人群为基础筛查原发性高血压儿童,通过对高血压与血压正常儿童心血管结构和功能的比较,分析人群中无症状原发性高血压儿童的心血管结构和功能早期异常的发生情况,为儿童原发性高血压的防治提供依据。

## 对象与方法

1. 调查对象:2013年采用整群抽样法筛查北京市区3所学校7 211名6~18岁儿童血压,经非同日3次筛查(每次相隔2周)最终确诊为原发性高血压儿童共329人(男生220人,占66.87%,平均年龄12.76岁±3.09岁),再将最终知情同意参加本次心血管评估的213人(男生150人,占70.42%,平均年龄12.00岁±3.09岁)作为病例组。参与和未参与评估的儿童相比,其血压差异无统计学意义(均 $P>0.05$ )。从参加同期血压筛查的一所学校血压正常儿童中,筛选出与病例组年龄、性别匹配的197人(男生137人,平均年龄11.82岁±3.08岁)作为对照组。所有研究对象均进行问卷调查、体格检查(身高、体重、WC)、血生化检测(FPG、血脂四项)、左心室及颈动脉超声、踝-臂脉搏波传导速度(baPWV)检测,且均排除继发性高血压、心肌病、瓣膜性心脏病等,并均无高血压临床症状。本研究方案通过首都儿科研究所伦理委员会批准,所有研究对象的监护人均签署知情同意书。

### 2. 调查方法:

(1)问卷调查:包括人口学特征、出生及喂养信息、个人及家族疾病史、家庭收入等;按照标准方法测量身高和体重<sup>[6]</sup>,并计算BMI( $\text{kg}/\text{m}^2$ );WC测量取脐上缘1 cm水平,于自然呼气末测量,读数准确至

0.1 cm,测量2次取均值。

(2)血压测量:采用示波法,以欧姆龙HEM-7012电子血压计(已通过美国医疗器械促进协会准确性评价标准验证<sup>[7]</sup>)测量血压(根据被测者上臂围选择适宜尺寸袖带)。即被测者休息10 min后,测量坐位右上臂肱动脉血压,连续测量3次,每两次测量间隔1~2 min,松开袖带并令其抬高右上臂5~6 s,取后两次读数的均值作为受试者的SBP和DBP。首次血压检测达到高血压数值的儿童于2周后再测量第二次,如仍为高血压数值者于2周后再行第三次测量,并同时采用听诊法验证示波法结果。

(3)左心室超声检测:使用美国索诺声M-Turbo便携式彩色多普勒超声诊断仪(探头频率:2.5~4.0 MHz),按照美国超声心动图协会2010年儿科心脏测量指南<sup>[8]</sup>,分别测量左心室舒张末期内径(LVEDd)、室间隔厚度(IVST)、左室后壁厚度(LVPWT)以及左心室收缩末期内径(LVESd),连续测量3个心动周期,取均值,并利用公式计算获得左心室质量(LVM)、左心室质量指数(LVMI)及相对室壁厚度(RWT)<sup>[9]</sup>。

(4)颈动脉内膜中层厚度(cIMT)测量:使用美国索诺声M-Turbo便携式彩色多普勒超声诊断仪(探头频率:5~10 MHz),测量右侧cIMT。即受检者仰卧位,于舒张末期冻结图像,取颈总动脉窦部近端1~1.5 cm处,使用软件辅助测量前壁及后壁的内膜中层厚度。具体方法为:沿动脉长轴,测量5 mm长度范围的cIMT均值,分别测量前壁和后壁cIMT,计算平均cIMT( $[\text{前壁}+\text{后壁}]/2$ )用于分析。

(5)脉搏波传导速度的检测(PWV):使用欧姆龙科林-全自动动脉硬化检测仪VP-1000(BP203ROE-II),测量受试者心率及左右侧baPWV。测量时受试者安静平卧,四肢均缚示波血压袖带,连接心电图及心音图传感器。

(6)血生化指标检测:利用日立7060C全自动生化仪,采用己糖激酶法检测FPG、酶法检测TG、TC,直接法检测HDL-C、LDL-C。

3. 质量控制:所有检测者均经过培训并考核合格,心脏及颈动脉的超声检测仪器一致,且由同一名儿科专业超声医师独立完成,baPWV检测也由同一人员独立完成。

### 4. 诊断标准:

(1)高血压:依据《中国儿童青少年血压评价标准》<sup>[10]</sup>,将经过非同日连续3次时点测量的SBP和/或DBP值大于等于同年龄、同性别 $P_{95}$ 者诊断为高



血压。

(2)肥胖:采用中国肥胖问题工作组推荐的诊断标准,即以修正后儿童青少年年龄、性别BMI值的 $P_{95}$ 作为肥胖诊断切点<sup>[11]</sup>。

(3)血脂异常:采用2009年中国《儿童青少年血脂异常防治专家共识》<sup>[12]</sup>中推荐的>2岁儿童青少年血脂异常标准,即TC $\geq 5.18$  mmol/L, TG $\geq 1.70$  mmol/L, LDL-C $\geq 3.37$  mmol/L, HDL-C $\leq 1.04$  mmol/L,凡符合其中任意一项即为血脂异常。

(4)左心室构型改变:儿童左心室肥厚(LVH)的诊断界值<sup>[13]</sup>为①男性LVMI $> 37.08$  g/m<sup>2.7</sup>,女性LVMI $> 34.02$  g/m<sup>2.7</sup>;②男女性RWT $> 0.36$ ;凡符合其中一项者即诊断为LVH。左心室构型按LVMI和RWT分为4类:①正常构型LVMI和RWT均正常;②向心性重构LVMI正常,RWT增大;③离心性肥厚LVMI增大,RWT正常;④向心性肥厚LVMI和RWT均增大。

(5)颈动脉粥样硬化:诊断采用《心血管疾病防治指南和共识2008》<sup>[14]</sup>中推荐的cIMT参考值。即3~9岁 $\geq 0.45$  mm;10~18岁 $\geq 0.55$  mm;男女标准相同。

(6)动脉硬化增加:儿童青少年baPWV值大于等于同年龄、同性别 $P_{95}$ 者定义为动脉硬化增加<sup>[15]</sup>。

5. 统计学分析:采用EpiData软件双录入,SAS 9.2软件进行统计学分析,计数资料采用构成比(%)或率(%)描述,组间比较用 $\chi^2$ 检验;服从正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 $t$ 检验,非正态分布资料采用对数转换后进行分析。采用多元线性回归模型分析心血管结构和功能各项指标的影响因素, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结 果

1. 基本特征:除TC外,病例组BMI-z、WC-z、血压、血糖、血脂均高于对照组,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$ ),见表1。

### 2. 心血管结构和功能:

(1)两组间比较:两组儿童LVEDd、LVESd、LVM、LVMI均增大,且IVST及LVPWT增厚(均 $P < 0.05$ ),但RWT、cIMT、baPWV组间比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ ),见表2。

(2)不同年龄儿童比较:两组中不同年龄儿童相比,LVEDd、LVESd、LVM、LVMI值均增大,且IVST及LVPWT增厚(均 $P < 0.05$ ),RWT组间比较的差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。高年龄儿童(13~18岁)

中,病例组baPWV检测值高于对照组,但差异无统计学意义( $P > 0.05$ );低年龄儿童(6~12岁)中,病例组检测值低于对照组( $P < 0.05$ );两组儿童中cIMT的差异无统计学意义(均 $P > 0.05$ ),见表3。

表1 两组儿童基本特征

特 征	对照组 (n=197)	病例组 (n=213)	t/ $\chi^2$ 值	P值
男性	137(69.54)	150(70.42)	0.04	0.846
年龄( $\bar{x} \pm s$ ,岁)	11.82 $\pm 3.08$	12.00 $\pm 3.09$	0.61	0.539
BMI-z <sup>a</sup>	0.17 $\pm 0.91$	1.25 $\pm 1.27$	-9.96	<0.001
WC-z <sup>a</sup>	0.45 $\pm 0.99$	1.96 $\pm 1.30$	-7.99	<0.001
SBP( $\bar{x} \pm s$ ,mmHg)	108 $\pm 10$	131 $\pm 10$	23.04	<0.001
DBP( $\bar{x} \pm s$ ,mmHg)	61 $\pm 6$	73 $\pm 7$	17.71	<0.001
FPG( $\bar{x} \pm s$ ,mmol/L)	5.74 $\pm 0.42$	5.99 $\pm 0.79$	3.97	<0.001
TC( $\bar{x} \pm s$ ,mmol/L)	4.19 $\pm 0.69$	4.11 $\pm 0.73$	1.09	0.276
TG(mmol/L) <sup>b</sup>	0.84 (0.63~1.10)	0.78 (0.53~1.14)	2.01	0.045
HDL-C( $\bar{x} \pm s$ ,mmol/L)	1.50 $\pm 0.30$	1.30 $\pm 0.30$	6.63	<0.001
LDL-C( $\bar{x} \pm s$ ,mmol/L)	2.26 $\pm 0.56$	2.44 $\pm 0.66$	2.96	0.003

注:<sup>a</sup>根据2004年BCAMS调查数据计算标准化后的BMI和WC,公式分别为: BMI-z=(BMI- $\mu$ )/ $\sigma$ , WC-z=(WC- $\mu$ )/ $\sigma$ ; <sup>b</sup>为偏态分布,用四分位数间距 $P_{50}(P_{25} \sim P_{75})$ 描述,对数转换后,进行统计学分析

表2 两组儿童心血管结构和功能指标比较

指标( $\bar{x} \pm s$ )	对照组	病例组	t值	P值
LVEDd(cm)	4.32 $\pm 0.48$	4.66 $\pm 0.58$	6.56	<0.001
LVESd(cm)	2.66 $\pm 0.39$	2.93 $\pm 0.46$	6.20	<0.001
IVST(cm)	0.57 $\pm 0.09$	0.63 $\pm 0.13$	4.91	<0.001
LVPWT(cm)	0.63 $\pm 0.09$	0.69 $\pm 0.14$	5.05	<0.001
LVM(g)	76.44 $\pm 26.91$	99.22 $\pm 44.97$	6.22	<0.001
LVMI(g/m <sup>2.7</sup> )	22.42 $\pm 4.6$	26.62 $\pm 7.21$	7.04	<0.001
RWT	0.28 $\pm 0.03$	0.28 $\pm 0.04$	0.94	0.35
cIMT(mm)	0.47 $\pm 0.05$	0.47 $\pm 0.05$	-1.14	0.25
baPWV(cm/s)	1 041 $\pm 186$	1 018 $\pm 157$	1.36	0.17

(3)不同体重水平儿童比较:非肥胖儿童中,病例组LVEDd、LVESd、LVM、LVMI值均高于对照组,且有IVST、LVPWT增厚(均 $P < 0.05$ );肥胖儿童中亦发现相似规律,但IVST及LVPWT在两组儿童中的差异无统计学意义(均 $P > 0.05$ )。然而,不论何种体重水平,RWT、cIMT、baPWV组间比较的差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ ),见表4。

3. 心血管结构和功能异常率:病例组发生LVH共15例(7.04%)。其中LVMI增加的检出率为5.77%,RWT增加的检出率为4.33%。据此左心室构型改变中,向心性肥厚6例(40%),离心性肥厚6例(40%),向心性重构3例(20%);而对照组仅发现1例向心性肥厚,LVH、LVMI及RWT增加的检出率均显著低于病例组,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$ );动脉僵硬及颈动脉粥样硬化患病率两组间的差异无统计学意义(均 $P > 0.05$ ),见表5。

**表3** 不同年龄两组儿童心血管结构和功能指标比较

指标 ( $\bar{x} \pm s$ )	低龄儿童		高龄儿童	
	对照组(n=105)	病例组(n=110)	对照组(n=92)	病例组(n=98)
LVEDd(cm)	4.05±0.33	4.35±0.52 <sup>a</sup>	4.62±0.44	5.01±0.43 <sup>a</sup>
LVESd(cm)	2.50±0.33	2.75±0.43 <sup>a</sup>	2.85±0.37	3.12±0.42 <sup>a</sup>
IVST(cm)	0.53±0.84	0.56±0.10 <sup>a</sup>	0.63±0.06	0.70±0.12 <sup>a</sup>
LVPWT(cm)	0.58±0.08	0.62±0.11 <sup>a</sup>	0.69±0.08	0.77±0.13 <sup>a</sup>
LVM(g)	61.24±18.67	76.31±29.13 <sup>a</sup>	93.79±24.29	124.93±45.81 <sup>a</sup>
LVMI(g/m <sup>2.7</sup> )	22.92±4.72	25.18±5.98 <sup>a</sup>	21.85±4.41	28.25±8.11 <sup>a</sup>
RWT	0.27±0.03	0.27±0.04	0.29±0.03	0.29±0.04
cIMT(mm)	0.47±0.05	0.47±0.05	0.46±0.05	0.48±0.05
baPWV(cm/s)	1 018.8±185.31	967.66±137.27 <sup>a</sup>	1 066.39±184.71	1 072.34±159.65

注:<sup>a</sup> P<0.01; <sup>b</sup> P<0.05

**表4** 两组儿童不同体重水平的心血管结构和功能指标比较

指标 ( $\bar{x} \pm s$ )	非肥胖		肥胖	
	对照组(n=132)	病例组(n=70)	对照组(n=65)	病例组(n=143)
LVEDd(cm)	4.19±0.42	4.43±0.48 <sup>a</sup>	4.58±0.49	4.78±0.59 <sup>a</sup>
LVESd(cm)	2.56±0.34	2.77±0.39 <sup>a</sup>	2.87±0.41	3.01±0.47 <sup>a</sup>
IVST(cm)	0.55±0.08	0.59±0.09 <sup>a</sup>	0.61±0.10	0.65±0.14
LVPWT(cm)	0.61±0.08	0.65±0.10 <sup>a</sup>	0.67±0.10	0.71±0.15
LVM(g)	69.04±21.73	83.35±26.84 <sup>b</sup>	91.46±30.14	107.27±49.98 <sup>b</sup>
LVMI(g/m <sup>2.7</sup> )	21.53±4.27	23.24±3.95 <sup>b</sup>	24.22±4.75	28.34±7.86 <sup>b</sup>
RWT	0.28±0.02	0.28±0.03	0.28±0.04	0.28±0.05
cIMT(mm)	0.47±0.05	0.47±0.05	0.47±0.05	0.48±0.05
baPWV(cm/s)	1 068±189	1 064±163	989±169	995±150

注:<sup>a</sup> P<0.01; <sup>b</sup> P<0.05

**表5** 两组儿童心血管结构和功能异常率比较

心血管结构和功能异常	对照组	病例组	$\chi^2$ 值	P值
左心室肥厚 <sup>a</sup>	1(0.51)	15(7.04)	11.650	<0.001
LVMI增加 <sup>a</sup>	1(0.51)	12(5.77)	9.016	0.003
RWT增加 <sup>a</sup>	1(0.51)	9(4.33)	6.129	0.013
LVMI和RWT均增加	1(0.51)	6(2.82)	3.244	0.072
动脉硬化增加	53(27.32)	41(19.34)	3.626	0.057
颈动脉粥样硬化	40(20.30)	43(20.67)	0.008	0.927

注:括号外数据为例数,括号内数据为异常率(%);<sup>a</sup>使用确切概率 Fisher 检验

4. 心血管结构和功能影响因素:经简单线性回归筛选变量后,进行多元线性回归分析。结果显示,高血压仅为LVMI的主要影响因素,未见对其他心血管结构功能指标产生影响。此外,性别、BMI-z也是LVMI的影响因素。RWT的影响因素主要是年龄、BMI-z;而性别是cIMT的主要影响因素;年龄和BMI-z为baPWV的影响因素(表6)。

### 讨 论

本研究显示,高血压对心血管结构的早期影响主要表现为左心室改变(LVMI、RWT增加及出现LVH),无论年龄段高低、是否肥胖,高血压儿童(病例组)各项心脏结构指标均高于正常血压(对照组),并出现以LVMI增加为主的LVH。有研究表明,患

高血压的青少年中LVH患病率高于正常儿童<sup>[16-17]</sup>,与本文结果一致。再次佐证了LVH可作为儿童高血压相关的心血管损害的外围标记物<sup>[18]</sup>。本研究cIMT、baPWV两组间的比较未见差异。而国外有研究显示,与正常血压儿童相比,高血压儿童cIMT相对增厚<sup>[19-20]</sup>,且baPWV也较为偏高<sup>[21-22]</sup>。造成结果不一致的主要原因可能是调查人群来源不同。国外相关研究的人群大多来自医院的高血压病例,平均年龄>15岁,大于本研究人群年龄,因而高血压对靶器官的影响时间更长,且更严重,也易发现高血压对血管结构和功能的改变;而本研究以人群为基础,病例组儿童多为轻度血压升高,平均年龄为12岁,故高血压对血管结构与功能的影响程度相对较轻,作用时间相对较短。此外不同研究中对儿童高血压的定义及测量方法有差异,也可能造成结

果不一致。

**表6** 心血管结构和功能的影响因素多元线性回归分析

影响因素	$\beta$	s	$\hat{\beta}$	t值	P值	95%CI
LVMI <sup>a</sup>						
性别	-2.581	0.574	-0.185	-4.494	0.000	-3.710~-1.452
BMI-z	2.489	0.239	0.474	10.427	0.000	2.020~2.958
高血压	1.582	0.583	0.123	2.712	0.007	0.435~2.729
RWT <sup>b</sup>						
年龄	0.003	0.001	0.168	6.430	0.000	0.002~0.005
BMI-z	0.005	0.001	0.167	3.573	0.014	0.002~0.008
cIMT						
性别	-0.021	0.005	-0.187	-3.811	0.000	-0.031~-0.010
baPWV <sup>c</sup>						
年龄	10.327	2.712	0.196	4.029	0.000	5.595~16.258
BMI-z	-23.554	6.745	-0.168	-3.492	0.001	-36.813~-10.295

注:<sup>a</sup>自变量为性别、BMI-z、高血压、血脂异常;<sup>b</sup>自变量为年龄、BMI-z、血脂异常;<sup>c</sup>自变量为年龄、BMI-z;<sup>d</sup>自变量为性别、血糖

目前儿童心血管结构及功能的影响因素尚不明确。研究表明成年人血压升高、肥胖及血脂异常是心血管结构功能的主要影响因素<sup>[23-24]</sup>。研究也证实,儿童肥胖是影响心血管结构和功能的危险因素<sup>[25-26]</sup>。本研究进一步按体重状态分层,显示无论是否肥胖,高血压儿童LVMI均高于血压正常儿童。提示儿童高血压可以独立于肥胖对左心室重构有一定影响。



血压升高及肥胖均可使心脏后负荷增加,从而诱导心肌组织纤维化<sup>[27-28]</sup>。有研究发现高血压、肥胖、胰岛素抵抗、体力活动不足等在心室重构的发病机制中可能发挥一定作用<sup>[23]</sup>。本研究结果显示调整年龄、性别后,高血压为 LVMI 的影响因素,与上述研究结论基本一致。高血压可引起主动脉及中央动脉顺应性降低,僵硬程度增加。血压升高进一步加重,则使得血管的结构发生改变,造成血管壁平滑肌细胞增生,发生动脉粥样硬化。影响动脉弹性及功能的因素包括血压、年龄、性别、肥胖、血脂等因素<sup>[15,29]</sup>。本研究显示,年龄、性别、BMI-z、血脂异常为 ba-PWV 的影响因素,而性别为 cIMT 的影响因素。但尚未显示高血压对 ba-PWV 及 cIMT 的影响,可能是由人群筛选获得的高血压儿童其血压升高程度较轻,病程较短,尚未发生血管结构及功能的改变。

本研究存在局限性。首先,由于儿童生长发育的特殊性,目前尚无针对国内不同年龄、性别儿童心血管结构功能异常的诊断标准。本研究有关心血管结构功能的指标为借用国外标准,鉴于人种特异性,可能出现高或低估心血管结构异常率,从而影响结论。综上所述,HTN 组的 LVEDd、LVESd、IVST、LVPWT、LVMI 等心脏结构指标均不同程度的高于正常血压儿童,说明即便在无症状 HTN 儿童中已存在心脏结构和功能的早期改变。因而,对于学校健康体检时筛查出的高血压儿童,应建议其到医院进行心血管结构及功能的评估,特别是心脏超声检测,以便尽早干预治疗,防止因高血压所致的心血管事件。

#### 参 考 文 献

- [1] Lewington S, Clarke R, Qizilbash N, et al. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies [J]. *Lancet*, 2002, 360(9349): 1903-1913.
- [2] Chen XL, Wang YF. Tracking of blood pressure from childhood to adulthood: a systematic review and meta-regression analysis [J]. *Circulation*, 2008, 117: 3171-3180.
- [3] Meng LH. Impacts of hypertension and related risk factors on early target organ damage in childhood [D]. Beijing: Peking Union of Medical College, 2012. (in Chinese)  
孟玲慧. 儿童青少年高血压及其危险因素对早期靶器官损害的影响 [D]. 北京: 北京协和医学院, 2012.
- [4] Hanevold C, Waller J, Daniels S, et al. The effects of obesity, gender and ethnic group on left ventricular hypertrophy and geometry in hypertensive children: a collaborative study of the International Pediatric Hypertension Association [J]. *Pediatrics*, 2004, 113(2): 328-333.
- [5] Litwin M, Niemirska A, Sladowska-Kozłowska J, et al. Regression of target organ damage in children and adolescents with primary hypertension [J]. *Pediatr Nephrol*, 2010, 25(12): 2489-2499.
- [6] WHO Expert Committee. Physical status: the use and interpretation of anthropometry [J]. WHO Technical Report Series, 1995, 854(121): 55.
- [7] Meng LH, Hou DQ, Shan XY, et al. Accuracy evaluation of Omron HEM-7012 electronic sphygmomanometers in measuring blood pressure of children and adolescents [J]. *Chin J Hypertens*, 2013, 21(2): 158-162. (in Chinese)  
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.
- [8] Lopez L, Colan SD, Frommelt PC, et al. Recommendations for quantification methods during the performance of a pediatric echocardiogram: a report from the pediatric measurements writing group of the American Society of Echocardiography Pediatric and Congenital Heart Disease Council [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2010, 23(5): 465-495.
- [9] Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings [J]. *Am J Cardiol*, 1986, 57(6): 450-458.
- [10] Mi J, Wang TY, Meng LH, et al. Development of blood pressure reference standards for Chinese children and adolescents [J]. *Chin J Evid Based Pediatr*, 2010, 5(1): 4-14. (in Chinese)  
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] Group of China Obesity Task Force. Body mass index reference norm for screening overweight and obesity in Chinese children and adolescents [J]. *Chin J Epidemiol*, 2004, 25(2): 97-102. (in Chinese)  
中国肥胖问题工作组. 中国学龄儿童青少年超重、肥胖筛查体重指数数值分类标准 [J]. *中华流行病学杂志*, 2004, 25(2): 97-102.
- [12] The Editorial Board of Chinese Journal of Pediatrics, The Group of Child Health Care, Group of Cardiovascular Science of Chinese Pediatric Society Chinese Medical Association, et al. Children and adolescents dyslipidemia prevention expert consensus [J]. *Chin J Pediatr*, 2009, 47(6): 426-428. (in Chinese)  
《中华儿科杂志》编辑委员会, 中华医学会儿科学分会儿童保健学组, 中华医学会儿科学分会心血管学组, 等. 儿童青少年血脂异常防治专家共识 [J]. *中华儿科杂志*, 2009, 47(6): 426-428.
- [13] Hietalampi H, Pakkala K, Jokinen E, et al. Left ventricular mass and geometry in adolescence: early childhood determinants [J]. *Hypertension*, 2012, 60(5): 1266-1272.
- [14] Hu DY. Consensus on guidelines for cardiovascular diseases prevention and treatment 2008 [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2008: 104-119. (in Chinese)  
胡大一. 心血管疾病防治指南和共识 2008 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 104-119.
- [15] Niboshi A, Hamaoka K, Sakata K, et al. Characteristics of brachial-ankle pulse wave velocity in Japanese children [J]. *Eur J Pediatr*, 2006, 165(9): 625-629.
- [16] Daniels SR. Hypertension-induced cardiac damage in children and adolescents [J]. *Blood Press Monit*, 1999, 4(3/4): 165-170.
- [17] Falkner B, DeLoach S, Keith SW, et al. High risk blood pressure and obesity increase the risk for left ventricular hypertrophy in African-American adolescents [J]. *J Pediatr*, 2013, 162(1): 94-100.
- [18] Stabouli S, Kotsis V, Rizos Z, et al. Left ventricular mass in normotensive, prehypertensive and hypertensive children and adolescents [J]. *Pediatr Nephrol*, 2009, 24(8): 1545-1551.
- [19] Lengyel S, Katona É, Zatik J, et al. The impact of serum homocysteine on intima-media thickness in normotensive, white-coat and sustained hypertensive adolescents [J]. *Blood Press*, 2012, 21(1): 39-44.
- [20] Urbina EM, Khoury PR, McCoy C. Cardiac and vascular consequences of pre-hypertension in youth [J]. *J Clin Hypertens*, 2011, 13(5): 332-342.
- [21] Lurbe E, Torro I, Garcia-Vicent C, et al. Blood pressure and obesity exert independent influences on pulse wave velocity in youth [J]. *Hypertension*, 2012, 60(2): 550-555.
- [22] Gil TY, Sung CY, Shim SS, et al. Intima-media thickness and pulse wave velocity in hypertensive adolescents [J]. *J Korean Med Sci*, 2008, 23(1): 35-40.
- [23] Abel ED, Litwin SE, Sweeney G. Cardiac remodeling in obesity [J]. *Physiol Rev*, 2008, 88(2): 389-419.
- [24] Schram MT, Henry RM, van Dijk RAJM, et al. Increased central artery stiffness in impaired glucose metabolism and type 2 diabetes: the Hoorn Study [J]. *Hypertension*, 2004, 43(2): 176-181.
- [25] Zhu HD, Yan WL, Ge DL, et al. Relationships of cardiovascular phenotypes with healthy weight, at risk of overweight, and overweight in US youths [J]. *Pediatrics*, 2008, 121(1): 115-122.
- [26] Berenson GS, Bogalusa Heart Study group. Health consequences of obesity [J]. *Pediatr Blood Cancer*, 2012, 58(1): 117-121.
- [27] Lorell BH, Carabello BA. Left ventricular hypertrophy: pathogenesis, detection, and prognosis [J]. *Circulation*, 2000, 102(4): 470-479.
- [28] Engeli S, Negrel R, Sharma AM. Physiology and pathophysiology of the adipose tissue renin-angiotensin system [J]. *Hypertension*, 2000, 35(6): 1270-1277.
- [29] Nakamura M, Yamashita T, Yajima J, et al. Brachial-ankle pulse wave velocity as a risk stratification index for the short-term prognosis of type 2 diabetic patients with coronary artery disease [J]. *Hypertens Res*, 2010, 33(10): 1018-1024.

(收稿日期: 2014-11-15)

(本文编辑: 张林东)