青少年血压水平、尿蛋白及其相关影响因素的探究

操群安，胡 哲，初少莉，陈 歆*
（上海交通大学医学院附属瑞金医院高血压科，上海 201801）

摘要：目的 通过分析 1 748 例 11 ～ 17 岁的青少年血压、身高、体质量及尿蛋白等数据，试图探究青少年人群高血压、蛋白尿与性别、体质量、身高等因素间可能存在的关系。**方法** 使用 SPSS22.0 进行统计分析，统计方法涉及 χ^2 检验、*t* 检验，单因素方差分析、二元 logistic 回归、多元 logistic 回归。**结果** 分析来自上海 4 所中学年龄 11 ～ 17 岁的青少年共计 1 748 例，发现 11 ～ 13 岁儿童高血压患病风险是 14 ～ 17 岁青少年的 1.69 倍，2 级高血压的发生率则为 2.13 倍；女性出现血压正常高值的风险是男性的 1.54 倍，消瘦及正常体型人群血压异常的患病率较肥胖人群显著降低；而尿蛋白 / 肌酐比值（urinary albumin/creatinine ratio，UACR）阳性率受性别、年龄段及血压的影响，女性风险是男性的 3.27 倍，而儿童风险是青少年的 1.63 倍，2 级高血压显著增加 UACR 阳性率，但其他血压水平不会带来显著差异。**结论** 青少年血压水平与年龄、体质量指数分级及性别有一定相关性，UACR 阳性率与性别、年龄段及血压是否异常有关，但仅 2 级高血压增加 UACR 阳性风险。

关键词：青少年；高血压；微量白蛋白尿
中图分类号：R544.1 **文献标志码：**A **文章编号：**1672-9188（2023）12-1286-06
DOI：10.13683/j.wph.2023.12.007

Study on blood pressure, urinary protein and relevant factors in adolescents

CAO Qunan, HU Zhe, CHU Shaoli, CHEN Xin*
(*Department of Hypertension, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 201801, China*)

Abstract: ***Objective*** To explore the possible relationships between hypertension, proteinuria, gender, body mass, height, and other factors in the adolescent population by analyzing data on blood pressure, height, body mass, and urinary protein in 1 748 adolescents aged 11 to 17. ***Method*** SPSS22.0 was used as the statistical analysis software. The statistical methods involved χ^2 test, *t*-test, one-way analysis of variance, binary and multiple logistic regression. ***Result*** A total of 1 748 adolescents aged between 11 and 17 from four middle schools in Shanghai were analyzed. The analysis found that the risk of hypertension in children aged 11 – 13 was 1.69 times higher than that of adolescents aged 14 – 17, and the incidence of grade 2 hypertension was 2.13 times higher. The risk of normal high blood pressure in women was 1.54 times higher than that in men, and the incidence of abnormal blood pressure in lean and normal individuals was significantly lower than that in obese individuals. The positive rate of urinary albumin/creatinine ratio（UACR）was affected by gender, age and blood pressure. The risk of women was 3.27 times higher than that of men, and the risk of children was 1.63 times higher than that of adolescents. Grade 2 hypertension significantly increased UACR positivity rate, but other blood pressure levels did not show significant differences. ***Conclusion*** There is a certain correlation between adolescent blood pressure levels and age, body mass index grading and gender. The positive rate of UACR is related to gender, age group and abnormal blood pressure, but only grade 2 hypertension increases the risk of UACR positivity.

Key words: adolescent; hypertension; microalbuminuria

收稿日期：2023-04-19
作者简介：操群安，主治医师，研究方向：高血压的诊治。
通信作者：陈歆，主任医师，研究方向：心血管疾病的诊治。
基金项目：嘉定区医学重点学科项目资助（2020-jdyxzdxk-01）

心脑血管疾病已是我国居民排名第 1 的死亡原因，而高血压是心脑血管疾病的重要危险因素，与心脑血管疾病发病和死亡密切相关[1—2]。流行病学调查显示，我国高血压患病率逐年升高，18 岁以上人群高血压患病粗率约为 27.9%，意味着有约 2.45 亿高血压患者[3]。有研究表明，儿童期的血压偏高会造成靶器官损害[4]，并会增加成年后心血管疾病的发生风险[5]。若成年前血压增高得到控制，将来发生心血管疾病的风险也会显著降低[6]，故需要重视青少年的血压控制。与成年人的高血压患病率上升类似，我国青少年的高血压患病率也在逐年升高[7]，但目前对青少年高血压的相关研究知之甚少[8]。

微量白蛋白尿在成年人高血压中被认为是一种早期肾脏损害的标志，临床中常以尿蛋白 / 肌酐比值（urinary albumin/creatinine ratio，UACR）作为筛查指标，但其对于青少年高血压的意义目前仍存争议[9—10]。本文旨在对上海嘉定区 1 748 例青少年的血压、身高、体质量、年龄及蛋白尿情况等数据进行分析，探究青少年血压、身高、体质量等因素间的关系，并分析白蛋白尿在青少年高血压中的意义。

1 资料与方法

1.1 研究对象

纳入 2017 年于我院体检的 1 748 例初中生及高中生。纳入标准：①年龄为 11 ～ 17 岁。②既往无重大疾病史，如甲状腺功能亢进、慢性肾脏疾病、糖尿病及高血压等。③同意体检数据用于分析研究。排除标准：体检中未能完成或拒绝血压、尿检等相关项目。本研究为常规体检数据的分析利用，不涉及伦理问题。

1.2 指标定义和测量

1.2.1 一般资料

收集研究对象一般资料，包括性别、年龄、身高及体质量，计算体质量指数（body mass index，BMI）。根据我国 6 ～ 18 岁学龄儿童营养状况 BMI 标准，分为消瘦、正常、超重及肥胖。年龄 11 ～ 13 岁为儿童，14 ～ 17 岁为青少年。

1.2.2 血压测量

受测者坐位休息 15 min，采用标准汞柱式血压计，测右上臂肱动脉血压，分别测量 3 次，每次间隔 1 min，取平均值。收缩压和舒张压分别以柯氏音第 1 音和第 5 音为记录值。高血压诊断标准：参照 2018 年中国高血压防治指南[11]，根据性别、年龄、身高及体质量确定相应的青少年血压标准。

1.2.3 尿液留取

受检者留取随机尿 2 ml，采取免疫比浊法测定。UACR ＜ 2.5 定义为正常，即 UACR 阴性；UACR ≥ 2.5 定义为微量白蛋白尿，即 UACR 阳性。

1.3 分组

根据 2018 年中国高血压防治指南[11]，通过年龄、身高、体质量、性别确定血压正常范围，将患者分为正常血压组、血压正常高值组、1 级高血压组及 2 级高血压组。

1.4 统计学方法

采用 SPSS22.0 软件进行统计学分析，计量资料（收缩压、舒张压、身高、体质量、BMI）以 $(\bar{x}\pm s)$ 表示，计数资料（UACR、性别、年龄段、血压分级、BMI 分级）以 n(%) 表示，根据不同血压水平分组，计量资料进行 t 检验或方差分析，对计数资料进行 χ^2 检验，对有差异的因素进行 logistic 回归分析，以 P ＜ 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

纳入的 1 748 例研究对象中，男性占比 45.82%，女性占比 54.18%；血压正常人群占 68.65%，正常高值人群占 13.96%，1 级高血压人群占 9.50%，2 级高血压人群占 7.89%；以 BMI 分级来看，正常体型占比最高，为 65.22%，消瘦人群占比最低为 7.84%，超重人群和肥胖人群则分别占 15.96% 和 10.98%；根据年龄分布，受试者占比最高的为 13 岁，占 27.80%，其次为 12 岁，占 25.34%，占比最少的为 15 岁，占 5.26%；以 UACR 结果来分类，绝大部分为阴性人群，占 94.34%，阳性者仅占 5.66%，具体分布情

况详见表 1。

表 1 研究对象一般资料

Table 1 The baseline characteristics of research object

变量	例数	百分比/%	变量	例数	百分比/%
性别			年龄/岁		
男	801	45.82	11	150	8.58
女	947	54.18	12	443	25.34
血压等级			13	486	27.80
正常	1 200	68.65	14	257	14.70
正常高值	244	13.96	15	92	5.26
1级高血压	166	9.50	16	194	11.10
2级高血压	138	7.89	17	126	7.21
BMI分级			UACR		
消瘦	137	7.84	阴性	1 649	94.34
正常	1 140	65.22	阳性	99	5.66
超重	279	15.96			
肥胖	192	10.98			

表 2 不同性别、年龄段、BMI 分级、UACR 分组的平均血压（$\bar{x}\pm s$，单位：mmHg）

Table 2 Mean blood pressure by gender, age, weight, UACR grouping（$\bar{x}\pm s$, unit: mmHg）

组别		平均收缩压	平均舒张压
性别	女	113.44±11.92	68.95±10.96
	男	120±14.04	67.7±12.82
	*P*值	＜0.05	＜0.05
年龄段	11～13岁儿童	116±13.60	68.23±13.60
	14～17岁青少年	118.59±13.21	66.72±8.66
	*P*值	0.440	＜0.05
BMI分级	消瘦	110.86±11.92	66.12±9.03
	正常	114.98±12.55	67.60±11.63
	超重	122.13±13.15	70.14±12.57
	肥胖	125.89±14.44	71.05±14.38
	*P*值	＜0.05	＜0.05
UACR	阴性	117.03±13.46	68.24±11.99
	阳性	116.37±14.42	68.68±12.52
	*P*值	0.368	0.909

2.2 高血压的单因素分析

不同性别、年龄段、BMI 分级及 UACR 分组平均血压详见表 2。女性平均收缩压低于男性、舒张压高于男性，差异有统计学意义（$P < 0.05$）；随着 BMI 分级提高，平均收缩压及舒张压增高，差异有统计学意义（$P < 0.05$）。

如表 3 所示，不同血压水平分组下，平均年龄、身高、体质量及 BMI 均存在差异（$P < 0.05$）。

2.3 高血压的多因素分析

将“**2.2**”所得有显著差异的影响因素（年龄段、性别、BMI 分级），使用多元 logistic 回归分析，与血压分级进行相关性分析，BMI 分级以肥胖组为参照组，提示年龄段、体质量分级及性别可能是影响血压水平的重要因素，11 ～ 13 岁的儿童出现血压正常高值的风险是 14 ～ 17 岁青少年的 1.69 倍，2 级高血压的发生率则为 2.13 倍；女性出现血压正常高值的风险是男性的 1.54 倍，但在 1 级高血压和 2 级高血压中并未观测到类似结果。在正常血压、血压正常高值和 1 级高血压的受试者中，消瘦人群和正常体质量人群相比肥胖人群风险显著降低，但超重与肥胖人群占比无明显差异（表 4）。

2.4 UACR 阳性率的单因素分析

根据 UACR 检测结果，将受试者分为 UACR 阳性组及 UACR 阴性组，两组间血压、年龄、性别及 BMI 分级分布情况存在统计学差异（$P < 0.05$）；UACR 阴性组平均年龄、体质量、身高及 BMI 高于

表 3 血压水平的单因素方差分析（单位：mmHg）

Table 3 One-way analysis of variance of blood pressure levels（unit: mmHg）

因素	正常血压	正常高值	1级高血压	2级高血压	*P*值
年龄/岁	13.58±1.75	13.12±1.35	13.54±1.74	12.80±1.67	＜0.01
身高/cm	161.50±9.58	163.83±8.70	164.15±9.13	160.55±10.54	＜0.01
体质量/kg	52.37±12.44	58.08±15.16	60.65±15.52	57.90±16.88	＜0.01
BMI/kg·m^{-2}	19.92±3.64	21.44±4.29	22.25±4.12	22.13±4.62	＜0.01

表 4 血压水平的多元 logistics 回归

Table 4 Multiple logistic regression of blood pressure levels

分组	影响因素	比值比（odds ratio，OR）	95%置信区间（confidence interval，CI）	*P*值
正常高值血压	11～13岁儿童	1.69	1.25～2.29	0.000
	女性	1.54	1.16～2.06	0.000
	消瘦	0.27	0.13～0.54	0.000
	正常	0.33	0.22～0.51	0.000
	超重	0.94	0.57～1.53	0.790
1级高血压	11～13岁儿童	0.98	0.70～1.37	0.980
	女性	1.14	0.81～1.60	0.470
	消瘦	0.25	0.12～0.53	0.000
	正常	0.22	0.14～0.35	0.000
	超重	0.80	0.48～1.35	0.410
2级高血压	11～13岁儿童	2.13	1.41～3.22	0.000
	女性	0.91	0.62～1.33	0.620
	消瘦	0.08	0.02～0.27	0.000
	正常	0.22	0.14～0.36	0.000
	超重	0.58	0.33～1.01	0.060

UACR 阳性组，差异有统计学意义（$P < 0.05$），详见表 5。

2.5 UACR 阳性率的多因素分析

将上述有显著差异的影响因素，使用二元 logistic 回归分析，进一步对血压、年龄、性别、BMI 分级、血压分级与 UACR 分别进行相关性分析，提示 UACR 与性别相关，女性较男性 UACR 阳性风险高 3.27 倍，此外，儿童相较青少年蛋白尿风险高 1.63 倍。BMI 分级与 UACR 阳性有关，相较肥胖人群，消瘦人群蛋白尿风险显著提高，但正常体型组和超重组无明显相关性；血压分级与 UACR 显著相关，但相较 2 级高血压，其他血压水平未发现显著差异（表 6）。

3 讨论

微量白蛋白尿是高血压肾脏损害的早期表现，常见于高血压、糖尿病及肾脏疾病患者，甚至普通人群中也存在少量尿蛋白阳性，蛋白尿被认为与肾功能及心血管风险相关[12—14]。在青少年中，蛋白尿发生的原因多种多样，包括发热、过量运动、精神压力、脱水及体位性蛋白尿等[15]。而蛋白尿与

表 5 UACR 与相关影响因素

Table 5 UACR and relevant factors

因素		UACR阴性	UACR阳性	*P*值
血压/*n*（%）	正常血压	1 143（95.25）	57（4.75）	<0.05
	正常高值	220（90.16）	24（9.84）	
	1级高血压	157（94.58）	9（5.42）	
	2级高血压	129（93.48）	9（6.52）	
年龄段	11～13岁儿童	1 007（93.33）	72（6.67）	<0.05
	14～17岁青少年	642（95.96）	27（4.04）	
性别	男	921（97.25）	26（2.75）	<0.01
	女	728（90.89）	73（9.11）	
BMI分级	消瘦	122（89.05）	15（10.95）	<0.05
	正常	1 072（94.04）	68（5.96）	
	超重	271（97.13）	8（2.87）	
	肥胖	184（95.83）	8（4.17）	
收缩压/mmHg		117.03±13.46	116.37±14.42	0.693
舒张压/mmHg		68.24±11.99	68.68±12.5	0.726
平均年龄/岁		13.47±1.71	13.08±1.59	0.027
身高/cm		162.13±9.64	159.94±7.77	0.027
体质量/kg		54.67±13.91	49.70±12.55	0.010
BMI/kg·m^{-2}		20.60±3.97	19.26±3.89	0.001

表 6 UACR 与相关因素的相关性评估

Table 6 Evaluation of the correlation between UACR and relevant factors

因素	OR（95%CI）	*P*值
女性	3.27（2.05～5.23）	0.000
11～13岁儿童	1.63（1.02～2.59）	0.040
BMI分级		0.000
消瘦	3.37（1.33～8.50）	0.010
正常	1.41（0.65～3.05）	0.390
超重	0.72（0.26～1.97）	0.520
血压分级		0.020
正常血压	0.58（0.27～1.23）	0.160
正常高值血压	1.30（0.58～2.94）	0.530
1级高血压	0.80（0.30～2.13）	0.660

血压的关系却存争议。研究显示，在健康独肾儿童中，尿蛋白阳性组血压与阴性组接近[16]。也有学者认为，在肥胖儿童中，蛋白尿与血压有关联[17]，但在低 BMI 儿童中，尽管高血压较高 BMI 儿童发生率低，但蛋白尿发生率却处于较高水平[18]。此外，青少年女性往往有更高的 UACR 平均值，可能与更高的尿蛋白水平有关，而非尿肌酐水平[19]。因此根据

目前已有的研究，儿童尿蛋白的阳性率可能与体质量、性别、年龄相关，但与血压关系并不明确[10,20]。

本研究结果显示，青少年的血压水平与年龄、体质量、性别相关，男性的平均收缩压更高，而女性平均舒张压更高；11～13岁儿童的平均收缩压与14～17岁青少年的收缩压无显著差异，但平均舒张压更高；BMI则影响更明确，依据BMI将受试者分为消瘦、正常、超重及肥胖组，4组间平均收缩压、舒张压均存在显著差异，且越是肥胖，平均收缩压及舒张压越高。考虑到青少年血压正常水平以年龄、性别、身高界定，仅分析血压数值可能存在误差，根据血压水平将研究对象分为正常、正常高值、1级高血压及2级高血压4组，发现4组间年龄、身高、体质量及BMI平均值均存在显著差异，由于BMI由身高、体质量计算得来，故选择性别、年龄段、BMI分级作为自变量，使用多元logistic回归分析后，发现11～13岁儿童出现血压正常高值和2级高血压的风险较14～17岁青少年增加；女性出现血压正常高值的风险是男性的1.54倍，但在1级高血压和2级高血压中并未观测到类似结果。相比肥胖人群，消瘦及正常体型人群正常高值血压、1级高血压、2级高血压的发生风险均显著降低，但超重人群的风险与肥胖人群无显著差异，这可能提示青少年人群超重与否即可影响血压患病率。

UACR阳性组与阴性组间血压等级、年龄、性别及体质量水平存在明显差异，正常血压人群UACR阳性率最低，正常高值血压人群UACR阳性率最高，11～13岁儿童则较14～17岁青少年阳性率更高。但体质量方面，虽然肥胖人群2级高血压更多，但消瘦人群的UACR阳性率却最高。对相关因素进行二元logistc回归，发现男性UACR阳性风险显著低于女性，青少年UACR风险显著低于儿童，血压与UACR有关，但相较2级高血压，正常血压、正常高值血压及1级高血压未表现出差异，这提示对青少年人群来说，2级高血压与UACR阴性有显著相关性，其他血压水平不会带来阳性率显著增加。而女性可能与生理期、尿路更易感染等因素有关，导致UACR阳性风险远高于男性。

值得注意的是，虽然在成年高血压患者中，UACR具有重要临床意义，但本研究显示，UACR阳性组与阴性组间的平均收缩压、舒张压无显著差别，不同血压等级间UACR阳性率存在显著差异，血压正常组UACR阳性率最低，但并非血压越高则UACR阳性率越高，表明青少年血压异常可能增加尿蛋白阳性风险，但与血压水平不存在线性相关。考虑到这份数据为随机抽取的1 748例既往无重大疾病的青少年，不能排除存在隐匿性的肾炎或体位性蛋白尿等可能，且本次体检留取的并非晨尿，有学者认为随机尿较晨尿的尿蛋白阳性风险更高[9,21]，因此可能存在UACR阳性率偏高的情况。本次测量血压虽有3次复测，但根据青少年高血压的诊断流程，需2周后复查方可诊断[22]，故本研究中的血压水平可能存在一些误差。

本研究存在一定的局限性，参与研究的青少年虽无既往病史，但未进行完善的肾脏疾病诊断评估，亦未对血压异常者及微量蛋白尿者进行2周后的复查，可能存在一定的误差，可进一步进行变量的控制和设计，以更好地摆脱混杂因素的干扰，了解血压与蛋白尿间的联系。

4 结论

综上所述，青少年血压水平与体质量、年龄有一定关联，11～13岁儿童中高血压或尿蛋白阳性风险更高，女性出现血压正常高值风险较高，肥胖显著增加2级高血压发生率；青少年人群中女性UACR阳性风险较男性显著增加，2级高血压会增加UACR阳性风险，但与血压水平无线性相关。

参考文献：

[1] Li Y, Thijs L, Zhang ZY, *et al*. Opposing age-related trends in absolute and relative risk of adverse health outcomes associated with out-of-office blood pressure[J]. Hypertension, 2019, 74(6): 1333-1342.

[2] Yang WY, Melgarejo JD, Thijs L, *et al*. Association of

office and ambulatory blood pressure with mortality and cardiovascular outcomes[J]. J Am Med Assoc, 2019, 322(5): 409-420.

[3] Wang Z, Chen Z, Zhang L, *et al*. Status of hypertension in China: results from the China hypertension survey, 2012—2015[J]. Circulation, 2018, 137(22): 2344-2356.

[4] Daimee UA, Lande MB, Tang W, *et al*. Blood pressure and left ventricular mass index in healthy adolescents[J]. Blood Press Monit, 2017, 22(1): 48-50.

[5] Shen W, Zhang T, Li S, *et al*. Race and sex differences of long-term blood pressure profiles from childhood and adult hypertension: the Bogalusa heart study[J]. Hypertension, 2017, 70(1): 66-74.

[6] Juhola J, Magnussen CG, Berenson GS, *et al*. Combined effects of child and adult elevated blood pressure on subclinical atherosclerosis: the International Childhood Cardiovascular Cohort Consortium[J]. Circulation, 2013, 128(3): 217-224.

[7] 马淑婧, 羊柳, 赵敏, 等. 1991—2015年中国儿童青少年血压水平及高血压检出率的变化趋势[J]. 中华高血压杂志, 2021, 29(2): 200.

[8] Rao G. Diagnosis, epidemiology, and management of hypertension in children[J]. Pediatrics, 2016, 138(2): e20153616.

[9] Larkins NG, Teixeira-Pinto A, Craig JC. A narrative review of proteinuria and albuminuria as clinical biomarkers in children[J]. J Paediatr Child Health, 2019, 55(2): 136-142.

[10] Flynn JT. Microalbuminuria in children with primary hypertension[J]. J Clin Hypertens (Greenwich), 2016, 18(10): 962-965.

[11] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟, 中华医学会心血管病学分会中国医师协会高血压专业委员会, 等. 中国高血压防治指南(2018年修订版)[J]. 中国心血管杂志, 2019, 24(1): 24-56.

[12] De Zeeuw D, Parving HH, Henning RH. Microalbuminuria as an early marker for cardiovascular disease[J]. J Am Soc Nephrol, 2006, 17(8): 2100-2105.

[13] Okada R, Yasuda Y, Tsushita K, *et al*. Trace proteinuria by dipstick screening is associated with metabolic syndrome, hypertension, and diabetes[J]. Clin Exp Nephrol, 2018, 22(6): 1387-1394.

[14] Palatini P, Mos L, Ballerini P, *et al*. Relationship between GFR and albuminuria in stage 1 hypertension[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2013, 8(1): 59-66.

[15] Leung AKC, Wong AHC, Barg SSN. Proteinuria in children: evaluation and differential diagnosis[J]. Am Fam Physician, 2017, 95(4): 248-254.

[16] Seeman T, Patzer L, John U, *et al*. Blood pressure, renal function, and proteinuria in children with unilateral renal agenesis[J]. Kidney Blood Press Res, 2006, 29(4): 210-215.

[17] Chen MC, Wang JH, Chu CH, *et al*. Differential prevalence of hematuria and proteinuria with socio-demographic factors among school children in Hualien, Taiwan[J]. Pediatr Neonatol, 2018, 59(4): 360-367.

[18] Chaudhury AR, Reddy TV, Divyaveer SS, *et al*. A cross-sectional prospective study of asymptomatic urinary abnormalities, blood pressure, and body mass index in healthy school children[J]. Kidney Int Rep, 2017, 2(6): 1169-1175.

[19] Larkins N, Teixeira-Pinto A, Craig J. The population-based prevalence of albuminuria in children[J]. Pediatr Nephrol, 2017, 32(12): 2303-2309.

[20] Tsioufis C, Mazaraki A, Dimitriadis K, *et al*. Microalbuminuria in the paediatric age: current knowledge and emerging questions[J]. Acta Paediatr, 2011, 100(9): 1180-1184.

[21] Witte EC, Lambers Heerspink HJ, de Zeeuw D, *et al*. First morning voids are more reliable than spot urine samples to assess microalbuminuria[J]. J Am Soc Nephrol, 2009, 20(2): 436-443.

[22] Joint Committee for Guideline Revision. 2018 Chinese guidelines for prevention and treatment of hypertension-a report of the Revision Committee of Chinese Guidelines for Prevention and Treatment of Hypertension[J]. J Geriatr Cardiol, 2019, 16(3): 182-241.

(编辑：王 佳)