

青年人群高血压风险的影响因素: 基于航天无锡健康管理中心的横断面和队列研究

许佳明¹, 刘阳², 王锡锋¹, 陈朔华³, 张倩¹, 何发伟¹

1. 航天无锡健康管理中心, 江苏 无锡 214000; 2. 北京大学公共卫生学院流行病学与卫生统计学系;
3. 开滦总医院健康保障中心

摘要: **目的** 探讨青年人群(18~45岁)高血压风险的影响因素, 为其有效管理提供依据。 **方法** 本文分为2个部分。第一部分, 选取于2014年1月至2023年12月于航天无锡健康管理中心体检的所有青年人(共计143 898人), 纳入logistic回归进行横断面分析, 以初步探索青年高血压患病风险的影响因素。第二部分, 排除无随访体检数据以及首次体检时确诊高血压者后, 共计24 076人纳入Cox比例风险模型进行队列研究, 以进一步探讨高血压发病风险的影响因素。 **结果** 横断面研究提示该人群高血压患病率为15.57%(22 399/143 898)。高血压患病危险因素包括年龄、男性、体重指数(BMI) ≥ 24 kg/m²、腰臀比偏高、心率 ≥ 100 次/min、甘油三酯 ≥ 1.7 mmol/L、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C) ≥ 3.4 mmol/L、空腹血糖 ≥ 6.1 mmol/L、尿酸 ≥ 420 μ mol/L、估算的肾小球滤过率(eGFR) < 90 mL/(min \cdot 1.73 m²)、有高血压家族史。队列研究中位随访时间2.951年, 4 383人发病, 发病密度为44.73/1 000人年。年龄、男性、曾经/当下吸烟、BMI ≥ 24 kg/m²、腰臀比偏高、心率 ≥ 100 次/min、甘油三酯 ≥ 1.7 mmol/L、LDL-C ≥ 3.4 mmol/L、空腹血糖 ≥ 6.1 mmol/L、尿酸 ≥ 420 μ mol/L、有高血压家族史与青年人群高血压发病风险增加相关。在横断面和队列研究中均发现不同性别影响因素的分布和作用存在差异($P_{交互} < 0.05$)。 **结论** 年龄增加、男性、高血压家族史是青年人群新发或患高血压不可改变的风险因素。体重增加、糖脂代谢紊乱、高尿酸血症、肾功能下降、心率增快是新发或患高血压可改变的代谢相关风险因素。同一危险因素所致的高血压风险可能存在性别差异。

关键词: 高血压; 影响因素; 青年人群; 横断面; 队列

Risk factors for hypertension in young adults: evidence from a cross-sectional and cohort study at the Aerospace Wuxi Health Management Center

XU Jiaming¹, LIU Yang², WANG Xifeng¹, CHEN Shuohua³, ZHANG Qian¹, HE Fawei¹

1. Aerospace Wuxi Health Management Center, Wuxi, Jiangsu 214000, China; 2. Department of Epidemiology and Biostatistics, Peking University School of Public Health; 3. Health Care Center of Kailuan Group, KaiLuan General Hospital

Abstract: **Objective** To explore the risk factors of hypertension in young adults aged 18–45 years and provide evidence for effective management strategies. **Methods** A total of 143 898 young adults who underwent health check-ups at the Aerospace Wuxi Health Management Center from January 2014 to December 2023 were included in the study. Logistic regression analysis was conducted for a cross-sectional study to preliminarily identify the factors associated with hypertension prevalence. After excluding individuals without follow-up data and those diagnosed with hypertension at baseline, 24 076 participants were included in follow-up study using a Cox proportional hazards model to further investigate risk factors for incident hypertension. **Results** The cross-sectional study indicated a hypertension prevalence of 15.57% (22 399/143 898) in this population. Risk factors of hypertension included older age, male gender, body mass index (BMI) ≥ 24 kg/m², elevated waist-to-hip ratio, heart rate ≥ 100 beats per minute, triglycerides (TG) ≥ 1.7 mmol/L, low density lipoprotein cholesterol (LDL-C) ≥ 3.4 mmol/L, fasting blood glucose ≥ 6.1 mmol/L, serum uric acid ≥ 420 μ mol/L, estimated glomerular filtration rate (eGFR) < 90 mL/(min \cdot 1.73 m²), and a family history of hypertension. In the cohort study, the median follow-up period was 2.951 years, during which 4 383 participants developed hypertension, with an incidence density of 44.73 per 1 000 person-years. Risk factors significantly associated with incident hypertension included age, male

gender, current or former smoking, $BMI \geq 24 \text{ kg/m}^2$, elevated waist-to-hip ratio, heart rate ≥ 100 beats per minute, $TG \geq 1.7 \text{ mmol/L}$, $LDL-C \geq 3.4 \text{ mmol/L}$, fasting blood glucose $\geq 6.1 \text{ mmol/L}$, serum uric acid $\geq 420 \mu\text{mol/L}$, and a family history of hypertension. Both the cross-sectional study and cohort study identified differences in the distribution and impact of risk factors across genders ($P_{\text{interaction}} < 0.05$). **Conclusions** Advancing age, male gender, and a family history of hypertension are non-modifiable risk factors for the development or presence of hypertension in young adults. Modifiable metabolic factors, including increased body weight, dysregulated glucose and lipid metabolism, hyperuricemia, impaired renal function, and elevated heart rate, are significant contributors to hypertension risk. Furthermore, the risk associated with certain factors may differ by gender.

Keywords: hypertension; influencing factors; young adults; cross-sectional; cohort

高血压是重要且可改变的心血管健康影响因素,约50%的心血管疾病发病和20%的心血管疾病死亡归因于高血压^[1]。尽管一系列高血压防控政策和措施被逐渐提出且施行,但我国人群高血压患病率仍持续增高,并且近年来中青年人群高血压患病率上升趋势更明显^[2]。在2012—2015年的全国调查中发现,18~24、25~34、35~44岁年龄段人群的高血压患病率分别为4.0%、6.1%、15.0%^[3]。而青年时期血压升高,将会导致10年乃至终身心血管事件风险增加,并且发病年龄越早,带来的心血管疾病发病和过早死亡风险越大^[4]。青年时期是疾病预防的重要时期,早期识别与青年人群高血压风险相关的可控因素很重要^[5]。探索青年时期高血压的影响因素,可能为降低人群心血管疾病发病及死亡带来的社会和家庭负担提供有效的指导,并有力推动心血管疾病早期预防策略的发展,实现心血管疾病的一级,甚至零级预防。

家族遗传史、超重、肥胖、久坐少动、高盐饮食、低经济社会地位是目前已知血压升高的诱发因素,但这些结果主要来源于中老年群体^[6]。青年群体机体功能处于生命周期的高峰水平,其具有良好的基础代谢水平^[7]。同时,随着我国经济水平的发展和全球化进程,我国青年群体作为新兴的一代有其独特的生活方式,血压影响因素在这一群体中可能呈现其特性。然而,有关青年人群血压影响因素的研究较少,并且多为横断面研究^[8-9]。为丰富青年高血压影响因素的人群研究证据,为青年人群高血压防控提供科学依据,本研究以在航天无锡健康管理中心进行体检的青年人群为研究对象,分析影响血压升高的因素,为青年人群的高血压防控提供指导。

1 对象与方法

1.1 对象 航天无锡健康管理中心(原中国航天科技集团公司七三八疗养院)是以健康体检、健康管理、医疗服务为主的医疗机构,服务对象为企事业单位职工。2010年建立起了完善的电子医疗数据收集系统

并能够有效记录体检者的健康信息。本研究以2014年1月1日至2023年12月31日内在航天无锡健康管理中心参加体检,且初检年龄 ≤ 45 岁的成年人作为观察对象。10年间180 102人参与了健康体检,排除了生活方式、实验室检查、体格检查和高血压家族史数据缺失者,143 898人纳入横断面研究,初步探索青年高血压患病风险的影响因素。随后,10年观察期内共32 229名对象参与两次及以上体检且首次体检年龄 ≤ 45 岁,建立研究队列,进一步排除首次体检时确诊高血压者和生活方式、实验室检查、体格检查以及高血压家族史数据缺失者,共计24 076人纳入队列研究(图1)。本研究遵照《赫尔辛基宣言》,获得航天无锡健康管理中心伦理委员会的批准,批准文号:[2024]伦研批会第1号,所有研究对象均同意参加本研究并签署知情同意书。

1.2 资料收集与实验室检查

1.2.1 问卷采集 由经过统一培训且合格的医务人员对受检者健康信息进行采集。通过面对面问答的形式,根据受检者回答填写标准化问卷,主要记录年龄、性别、吸烟、饮酒、高血压家族史、慢性疾病现病史、慢性疾病用药史等情况。

1.2.2 血压及心率采集 在静坐休息至少5 min后,采用欧姆龙HBP-9021(OmronTM, Kyoto, Japan)医用自动电子血压计测量受试者右侧肱动脉的收缩压和舒张压以及心率。每位受检者测量2次,每次测量间隔1~2 min,取2次读数的平均值。若2次血压测量值的差值 $\geq 5 \text{ mmHg}$ ($1 \text{ mmHg}=0.133 \text{ kPa}$),则重新评估血压。心率取2次读数的平均值。

1.2.3 体重指数(body mass index, BMI)和腰臀比的计算 受检者穿着轻薄的衣物,取站立位。采用欧姆龙HNH-318(OmronTM, Kyoto, Japan)体检秤测量受检者的身高和体重。根据公式计算BMI: $BMI = \text{体重}(\text{kg}) / \text{身高}^2(\text{m}^2)$ 。随后,受检者双脚自然分开(20~30 cm),体重均匀分布在两脚上,保持身体放松。在受检者最低肋缘与髂骨之间的中点处用不可拉伸软尺测量腰围(cm)并使用软尺从臀部最突出的部位绕过臀部

一圈测量臀围(cm)。使用腰围与臀围的比值计算腰臀比。

1.2.4 实验室检查 在禁食 8~12 h 后,于次日早晨 06:40—09:00,由专业医务人员使用美国 BD Vacutainer® SST™真空采血管从受检者肘前静脉采集空腹血液样本 5 mL,温箱孵育 20~40 min,直到上清析出,放入离心机离心,提取血清。用雅培全自动生化分析仪

(CI16200, Abbott Laboratories, Chicago, IL, USA)测量血生化参数,包括空腹血糖(氧化酶法)、尿酸(氧化酶法)、甘油三酯(甘油磷酸氧化酶法)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C,直接法)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C,直接法)、血清肌酐(肌氨酸氧化酶法)。

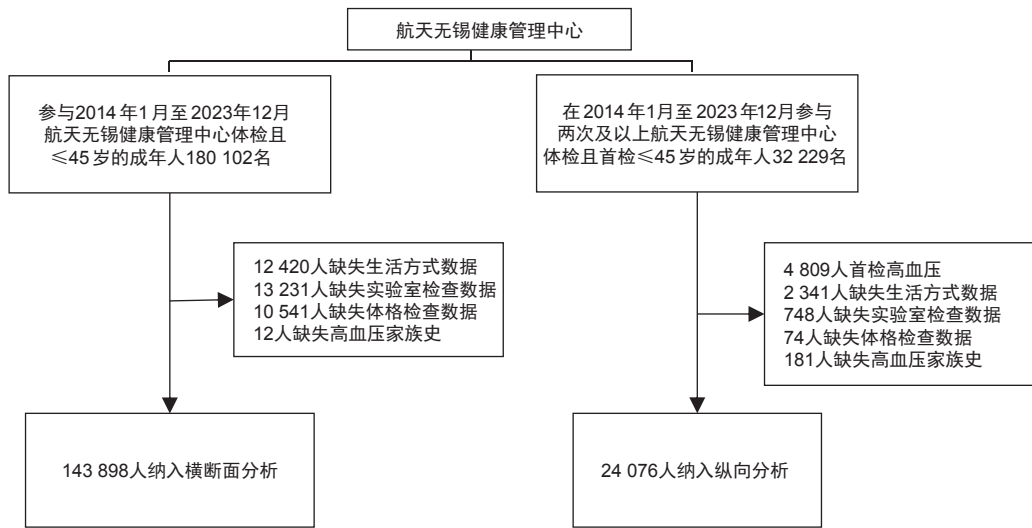


图1 人群筛选流程图

1.3 变量定义

1.3.1 高血压定义 根据《中国高血压防治指南(2024修订版)》,高血压定义为以下任何一项:诊室收缩压 ≥ 140 mmHg 和/或舒张压 ≥ 90 mmHg,或正在服用降压药,或自我报告曾临床确诊为高血压^[2]。

1.3.2 吸烟和饮酒 自我报告从不吸烟的个体界定为无吸烟行为,其余类型均视为存在吸烟习惯^[10]。自我报告从未饮酒的个体界定为无饮酒行为,其余类型判定为存在饮酒习惯^[11]。

1.3.3 超重/肥胖 参考《中国超重/肥胖医学营养治疗专家共识(2016年版)》^[12],将 BMI ≥ 24 kg/m² 定义为超重/肥胖。

1.3.4 腰臀比分类 腰臀比参考 WHO 标准,男性腰臀比 ≥ 1 ,女性腰臀比 ≥ 0.85 为腰臀比偏高(腹型肥胖)^[12]。

1.3.5 血脂指标分类 根据《中国血脂管理指南(2023年)》中国动脉粥样硬化性心血管疾病一级预防低危人群主要血脂指标的参考标准,按照以下标准对各项血脂指标加以分类:LDL-C ≥ 3.4 mmol/L,甘油三酯 ≥ 1.7 mmol/L^[13]。

1.3.6 高尿酸状态 根据《中国高尿酸血症相关疾病诊疗多学科专家共识(2023版)》,不分男女,血尿酸浓度超过 420 μ mol/L 定义为高尿酸状态^[14]。

1.3.7 肾功能下降 应用慢性肾脏病流行病学协作组(Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration,

CKD-EPI)公式计算估算的肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)^[15]。肾功能下降定义为 eGFR < 90 mL/(min $\cdot 1.73$ m²)。

1.3.8 血糖状态定义 根据《国家基层糖尿病防治管理指南(2022)》并结合本研究人群的特点(青年人),将空腹血糖浓度 ≥ 6.1 mmol/L 定义为空腹血糖受损状态^[16]。

1.4 统计学方法 所有分析均使用 Stata version 17.0 (Stata Corp, Texas, USA) 进行。为判断连续型变量的分布特征,首先通过直方图进行视觉评估,以确定其是否近似服从正态分布。对于近似正态分布的变量,采用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,并通过独立样本 *t* 检验比较两组间差异;对于偏态分布的变量,采用中位数(P_{25}, P_{75})描述,并采用 Wilcoxon 秩和检验进行两组间比较。分类变量用频数(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。本研究通过两种主要模型,检验青年人高血压风险的影响因素。在横断面研究中采用多因素 logistic 回归模型评估各因素横断面的比值比(odds ratio, OR)及 95% 置信区间(confidence interval, CI)。队列研究中,采用 Cox 比例风险模型计算各影响因素的风险比(hazard ratio, HR)以及对应的 95%CI。Cox 模型中,观察起始时间为研究对象第一次参与体检时的调查时间,研究终点时间为研究对象出现高血压的时间或最后一次参加体检的时间。此外,在建立 Cox 比例

风险模型之前,通过观察残差图,并未发现模型违反比例风险假定。基于心血管疾病和一般生理学特征的性别差异,进一步分别在男性和女性中探讨性别特异性高血压影响因素^[17]。在各个模型中,均采用“ENTER”项将所有因素均纳入模型,进行调整后探索出独立于各因素的重要影响因素。但在随后的性别特异性分析过程中,未对性别进行调整。在进一步探讨各因素在不同性别之间的效应是否存在差异时,额外纳入被研究因素与性别的乘积交互项,判断各因素与高血压的关系在不同性别间是否存在差异。以双侧 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 横断面研究

2.1.1 研究对象的基线特征 横断面研究中共纳入研究对象 143 898 人,平均年龄(33.07±5.79)岁,女性占 29.19%,男性占 70.81%。高血压患者 22 399 例,患病率为 15.57%。高血压和非高血压组在年龄、性别、吸烟、高血压家族史、饮酒、BMI、腰臀比、心率、甘油三酯、LDL-C、空腹血糖、血尿酸、eGFR 和超重/肥胖、腰臀比偏高等方面差异有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表 1。

表 1 纳入横断面研究人群的特征(按是否高血压分组)

组别	例数	年龄(岁)	女性[例(%)]	吸烟 [例(%)]		有高血压家族史 [例(%)]
				从不	曾经/当下吸烟	
非高血压	121 499	32.79±5.69	39 414 (32.44)	96 227 (79.20)	25 272 (20.80)	30 529 (25.13)
高血压	22 399	34.58±6.08	2 586 (11.55)	15 361 (68.58)	7 038 (31.42)	11 187 (49.94)
合计	143 898	33.07±5.79	42 000 (29.19)	111 588 (77.55)	32 310 (22.45)	41 716 (28.99)
$t/\chi^2/Z$ 值		-43.01	3 994.94		1 225.24	5 658.30
P值		<0.01	<0.01		<0.01	<0.01

组别	饮酒 [例(%)]		BMI (kg/m ²)	腰臀比	心率 (次/min)	甘油三酯 (mmol/L)
	从不	曾经/当下饮酒				
非高血压	83 101 (68.40)	38 398 (31.60)	23.71±3.37	0.85±0.14	79.07±11.47	1.05 (0.76, 1.56)
高血压	12 620 (56.34)	9 779 (43.66)	27.02±4.15	0.91±0.76	86.07±14.21	1.56 (1.07, 2.36)
合计	95 721 (66.52)	48 177 (33.48)	24.22±3.70	0.86±0.33	80.16±12.21	1.11 (0.79, 1.68)
$t/\chi^2/Z$ 值		1 234.01	-129.98	-25.41	-80.61	-86.40
P值		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

组别	LDL-C (mmol/L)	空腹血糖 (mmol/L)	血尿酸 (μmol/L)	eGFR [mL/(min·1.73m ²)]	超重/肥胖 [例(%)]	腰臀比偏高 [例(%)]
	非高血压	2.55±0.70	5.07±0.64	356.64±84.78	115.16±8.44	53 437 (43.98)
高血压	2.89±0.74	5.50±1.30	409.38±86.71	113.16±8.62	17 177 (76.69)	12 970 (57.90)
合计	2.61±0.72	5.13±0.80	364.85±87.20	114.85±8.50	70 614 (49.07)	52 792 (36.69)
$t/\chi^2/Z$ 值	-66.14	-75.31	-85.26	32.43	8 094.41	5 141.43
P值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

组别	心率≥100次/min [例(%)]	甘油三酯≥1.7 mmol/L [例(%)]	LDL-C≥3.4 mmol/L [例(%)]	空腹血糖≥6.1 mmol/L [例(%)]	血尿酸≥420 μmol/L [例(%)]	eGFR<90 mL/(min·1.73 m ²) [例(%)]
	非高血压	6 625 (5.45)	25 551 (21.03)	13 525 (11.13)	3 580 (2.95)	27 005 (22.23)
高血压	3 808 (17.00)	9 973 (44.52)	5 117 (22.84)	2 861 (12.77)	9 690 (43.26)	100 (0.45)
合计	10 433 (7.25)	35 524 (24.69)	18 642 (12.96)	6 441 (4.48)	36 695 (25.50)	677 (0.47)
$t/\chi^2/Z$ 值	3 750.56	5 614.90	2 300.92	4 270.92	4 404.53	0.33
P值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.57

注:正态分布计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示;偏态分布的计量资料以中位数(P_{25}, P_{75})表示。BMI为体重指数;LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇;eGFR为估算的肾小球滤过率。

2.1.2 青年人群高血压影响因素的横断面分析 在总人群中,多因素 logistic 回归分析结果显示,年龄、男性、BMI≥24 kg/m²、腰臀比偏高、心率≥100 次/min、甘油三酯≥1.7 mmol/L、LDL-C≥3.4 mmol/L、空腹血糖≥6.1 mmol/L、eGFR<90 mL/(min·1.73 m²)、血尿

酸≥420 μmol/L、有高血压家族史是青年人群患高血压的危险因素,而曾经/当下饮酒则与青年人群患高血压呈现负向关联(均 $P < 0.05$),见表 2。

按性别分层分析发现,在男性中,高血压影响因素与总人群一致;在女性中,年龄、BMI≥24 kg/m²、腰臀

比偏高、心率≥100次/min、甘油三酯≥1.7 mmol/L、空腹血糖≥6.1 mmol/L、血尿酸≥420 μmol/L、有高血压家族史是患高血压的危险因素。见表3。

在影响因素与性别的交互作用分析中发现,年

龄、曾经/当下吸烟、BMI≥24 kg/m²、腰臀比偏高、甘油三酯≥1.7 mmol/L、空腹血糖≥6.1 mmol/L、eGFR<90 mL/(min·1.73 m²)、有高血压家族史在不同性别中的影响存在差别($P_{交互}<0.05$)。见表3。

表2 青年人群高血压影响因素的多因素 logistic 回归分析(n=143 898)

自变量	β	SE	Wald χ^2 值	P值	OR (95%CI)
年龄(岁)	0.033	0.002	473.498	<0.001	1.033 (1.030~1.036)
男性	1.150	0.027	1 853.303	<0.001	3.158 (2.997~3.327)
曾经/当下吸烟	-0.022	0.020	1.210	0.272	0.979 (0.942~1.017)
曾经/当下饮酒	-0.053	0.019	8.180	0.004	0.948 (0.915~0.983)
BMI≥24 kg/m ²	0.719	0.020	1 319.869	<0.001	2.052 (1.974~2.133)
腰臀比偏高	0.448	0.018	626.000	<0.001	1.565 (1.511~1.621)
心率≥100次/min	1.235	0.025	2 390.232	<0.001	3.438 (3.272~3.613)
甘油三酯≥1.7 mmol/L	0.263	0.018	206.210	<0.001	1.301 (1.255~1.348)
LDL-C≥3.4 mmol/L	0.194	0.021	86.118	<0.001	1.214 (1.166~1.265)
空腹血糖≥6.1 mmol/L	0.838	0.030	783.440	<0.001	2.312 (2.180~2.452)
血尿酸≥420 μmol/L	0.279	0.018	242.736	<0.001	1.322 (1.276~1.369)
eGFR<90 mL/(min·1.73 m ²)	0.457	0.125	13.396	<0.001	1.579 (1.236~2.016)
有高血压家族史	0.999	0.016	3 684.490	<0.001	2.716 (2.630~2.805)

注:采用ENTER选项,将所有变量纳入模型计算。BMI为体重指数;LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇;eGFR为估算的肾小球滤过率。

表3 按性别分层分析高血压的影响因素(多因素 logistic 回归分析)

人群	自变量	β	SE	Wald χ^2 值	P值	OR (95%CI)	$P_{交互}$ 值
男性 (n=101 898)	年龄(岁)	0.024	0.002	229.220	<0.001	1.025 (1.021~1.028)	<0.001
	曾经/当下吸烟	-0.009	0.020	0.194	0.662	0.991 (0.954~1.030)	0.047
	曾经/当下饮酒	-0.042	0.019	5.198	0.023	0.959 (0.924~0.994)	0.063
	BMI≥24 kg/m ²	0.677	0.022	985.960	<0.001	1.968 (1.886~2.053)	<0.001
	腰臀比偏高	0.441	0.019	527.162	<0.001	1.555 (1.497~1.614)	<0.001
	心率≥100次/min	1.199	0.028	1 790.136	<0.001	3.318 (3.139~3.508)	0.135
	甘油三酯≥1.7 mmol/L	0.246	0.019	164.352	<0.001	1.278 (1.231~1.327)	<0.001
	LDL-C≥3.4 mmol/L	0.202	0.022	86.304	<0.001	1.224 (1.173~1.278)	0.051
	空腹血糖≥6.1 mmol/L	0.824	0.032	655.360	<0.001	2.280 (2.141~2.429)	<0.001
	血尿酸≥420 μmol/L	0.281	0.018	238.703	<0.001	1.324 (1.278~1.373)	0.115
女性 (n=42 000)	eGFR<90 mL/(min·1.73 m ²)	2.140	0.320	44.756	<0.001	8.502 (4.543~15.913)	<0.001
	有高血压家族史	0.993	0.018	3 134.880	<0.001	2.699 (2.607~2.794)	0.002
	年龄(岁)	0.093	0.004	435.140	<0.001	1.097 (1.088~1.107)	
	曾经/当下吸烟	0.752	0.472	2.560	0.111	2.122 (0.842~5.347)	
	曾经/当下饮酒	0.257	0.181	2.016	0.156	1.294 (0.907~1.846)	
	BMI≥24 kg/m ²	0.854	0.049	304.852	<0.001	2.349 (2.135~2.586)	
	腰臀比偏高	0.502	0.050	98.804	<0.001	1.652 (1.496~1.824)	
	心率≥100次/min	1.393	0.056	610.090	<0.001	4.027 (3.605~4.497)	
	甘油三酯≥1.7 mmol/L	0.557	0.059	88.360	<0.001	1.746 (1.555~1.961)	
	LDL-C≥3.4 mmol/L	0.108	0.072	2.250	0.134	1.114 (0.967~1.284)	
空腹血糖≥6.1 mmol/L	0.853	0.081	111.936	<0.001	2.347 (2.004~2.749)		
血尿酸≥420 μmol/L	0.336	0.097	12.041	<0.001	1.400 (1.158~1.692)		
eGFR<90 mL/(min·1.73 m ²)	-0.219	0.169	1.664	0.196	0.803 (0.577~1.120)		
有高血压家族史	1.036	0.045	539.633	<0.001	2.819 (2.583~3.076)		

注:采用ENTER选项,将所有变量纳入模型计算。 $P_{交互}$ 为高血压影响因素与性别的交互作用分析。BMI为体重指数;LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇;eGFR为估算的肾小球滤过率。

2.2 队列研究

2.2.1 研究对象的基线特征 在32 229人中筛出符合条件的研究对象24 076人,进行队列研究。其中男性16 688人(69.31%),女性7 388人(30.69%),平均年龄(30.42±6.02)岁。中位随访时间为2.951年(97 984.797人年),有4 383人发生高血压,发病密度为

44.73/1 000人年。男性发病密度为55.26/1 000人年,女性发病密度为19.08/1 000人年。

高血压组和非高血压组在年龄、性别、吸烟、饮酒、BMI、腰臀比、心率、甘油三酯、LDL-C、空腹血糖、尿酸、eGFR、超重/肥胖和腰臀比偏高等方面差异有统计学意义(均 $P<0.05$),见表4。

表4 纳入队列研究人群的特征(按是否高血压分组)

组别	例数	年龄(岁)	女性[例(%)]	吸烟[例(%)]		有高血压家族史[例(%)]
				从不	曾经/吸烟	
非高血压	19 693	30.34±5.97	6 844 (34.75)	15 581 (79.12)	4 112 (20.88)	3 180 (16.15)
高血压	4 383	30.77±6.22	544 (12.41)	3 029 (69.11)	1 354 (30.89)	703 (16.04)
合计	24 076	30.42±6.02	7 388 (30.69)	18 610 (77.30)	5 466 (22.70)	3 883 (16.13)
$t/\chi^2/Z$ 值		-4.29	841.35		204.77	0.03
P 值		<0.01	<0.01		<0.01	0.86

组别	饮酒[例(%)]		BMI(kg/m ²)	腰臀比	心率(次/min)	甘油三酯(mmol/L)
	从不	曾经/饮酒				
非高血压	13 400 (68.04)	6 293 (31.96)	23.04±3.26	0.83±0.06	76.47±11.05	0.95 (0.71, 1.38)
高血压	2 471 (56.38)	1 912 (43.62)	24.86±3.52	0.87±0.06	75.77±10.78	1.19 (0.85, 1.78)
合计	15 871 (65.92)	8 205 (34.08)	23.37±3.38	0.84±0.07	76.34±11.00	0.99 (0.73, 1.45)
$t/\chi^2/Z$ 值		217.24	-32.86	-33.83	3.78	-23.90
P 值		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

组别	LDL-C(mmol/L)	空腹血糖(mmol/L)	尿酸(μmol/L)	eGFR[mL/(min·1.73m ²)]	超重/肥胖[例(%)]	腰臀比偏高[例(%)]
	非高血压	2.47±0.67	5.02±0.60	343.06±82.48	118.08±8.53	7 014 (35.62)
高血压	2.66±0.68	5.11±0.75	375.11±79.00	117.27±8.17	2 536 (57.86)	1 594 (36.37)
合计	2.50±0.68	5.03±0.63	348.90±82.78	117.93±8.47	9 550 (39.67)	6 899 (28.66)
$t/\chi^2/Z$ 值	-17.45	-8.90	-23.44	5.75	741.16	155.92
P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

组别	心率≥100次/min[例(%)]	甘油三酯≥1.7 mmol/L[例(%)]	LDL-C≥3.4 mmol/L[例(%)]	空腹血糖≥6.1 mmol/L[例(%)]	尿酸≥420 μmol/L[例(%)]	eGFR<90 mL/(min·1.73 m ²)[例(%)]
	非高血压	808 (4.10)	3 064 (15.56)	1 720 (8.73)	460 (2.34)	3 412 (17.33)
高血压	173 (3.95)	1 193 (27.22)	622 (14.19)	179 (4.08)	1 197 (27.31)	9 (0.21)
合计	981 (4.07)	4 257 (17.68)	2 342 (9.73)	639 (2.65)	4 609 (19.14)	65 (0.27)
$t/\chi^2/Z$ 值	0.22	334.87	121.58	42.40	230.88	0.83
P 值	0.64	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.36

注:正态分布计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示;偏态分布的计量资料以中位数(P_{25}, P_{75})表示。BMI为体重指数;LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇;eGFR为估算的肾小球滤过率。

2.2.2 青年人群高血压影响因素的队列研究 在总人群中,以随访结束是否发生高血压为因变量进行Cox比例风险模型分析,结果显示,年龄、男性、曾经/当下吸烟、BMI≥24 kg/m²、腰臀比偏高、心率≥100次/min、甘油三酯≥1.7 mmol/L、LDL-C≥3.4 mmol/L、空腹血糖≥6.1 mmol/L、尿酸≥420 μmol/L、有高血压家族史与青年人群高血压发病风险增加相关,见表5。

按性别分层分析中发现,在男性中,曾经/当下吸烟、BMI≥24 kg/m²、腰臀比偏高、心率≥100次/min、甘油三酯≥1.7 mmol/L、LDL-C≥3.4 mmol/L、空腹血

糖≥6.1 mmol/L、尿酸≥420 μmol/L、有高血压家族史与高血压发病风险增加相关,而曾经/当下饮酒与高血压发生呈负向关联。在女性中,年龄、BMI≥24 kg/m²、心率≥100次/min、甘油三酯≥1.7 mmol/L、有高血压家族史与高血压发病风险增加相关。见表6。

在影响因素与性别的交互作用分析中发现,年龄、BMI≥24 kg/m²、甘油三酯≥1.7 mmol/L、有高血压家族史在不同性别中对高血压发病风险的影响存在差异($P_{交互}<0.05$)。见表6。

表 5 青年人群高血压发病影响因素的 Cox 比例风险模型分析(n=24 076)

自变量	β	SE	Wald χ^2 值	P值	HR (95%CI)
年龄(岁)	0.008	0.003	7.728	0.005	1.008 (1.002~1.014)
男性	0.942	0.052	325.081	<0.001	2.566 (2.316~2.843)
曾经/当下吸烟	0.088	0.036	5.856	0.016	1.092 (1.017~1.173)
曾经/当下饮酒	-0.159	0.034	21.809	<0.001	0.853 (0.798~0.912)
BMI \geq 24 kg/m ²	0.531	0.035	233.784	<0.001	1.701 (1.589~1.821)
腰臀比偏高	0.240	0.035	45.833	<0.001	1.272 (1.186~1.363)
心率 \geq 100 次/min	0.684	0.079	74.823	<0.001	1.982 (1.697~2.314)
甘油三酯 \geq 1.7 mmol/L	0.146	0.038	14.669	<0.001	1.157 (1.074~1.247)
LDL-C \geq 3.4 mmol/L	0.185	0.045	16.810	<0.001	1.203 (1.101~1.315)
空腹血糖 \geq 6.1 mmol/L	0.291	0.078	13.838	<0.001	1.338 (1.148~1.560)
尿酸 \geq 420 μ mol/L	0.337	0.037	84.824	<0.001	1.401 (1.304~1.505)
eGFR<90 mL/(min·1.73 m ²)	0.649	0.336	3.725	0.054	1.913 (0.990~3.696)
有高血压家族史	0.285	0.042	46.923	<0.001	1.330 (1.226~1.443)

注:采用ENTER选项,将所有变量纳入模型计算。BMI为体重指数;LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇;eGFR为估算的肾小球滤过率。

表 6 按性别分层分析高血压发病的影响因素(Cox 比例风险模型分析)

人群	自变量	β	SE	Wald χ^2 值	P值	HR (95%CI)	$P_{交互}$ 值
男性 (n=16 688)	年龄(岁)	-0.003	0.003	0.980	0.324	0.997 (0.991~1.003)	<0.001
	曾经/当下吸烟	0.104	0.037	8.123	0.004	1.110 (1.033~1.192)	0.896
	曾经/当下饮酒	-0.145	0.034	17.808	<0.001	0.865 (0.809~0.925)	0.854
	BMI \geq 24 kg/m ²	0.486	0.037	172.923	<0.001	1.626 (1.512~1.748)	<0.001
	腰臀比偏高	0.260	0.039	45.428	<0.001	1.297 (1.203~1.399)	0.052
	心率 \geq 100 次/min	0.617	0.090	46.786	<0.001	1.853 (1.553~2.212)	0.399
	甘油三酯 \geq 1.7 mmol/L	0.158	0.040	15.920	<0.001	1.172 (1.084~1.266)	0.010
	LDL-C \geq 3.4 mmol/L	0.194	0.047	17.140	<0.001	1.215 (1.108~1.266)	0.230
	空腹血糖 \geq 6.1 mmol/L	0.282	0.085	11.089	0.001	1.326 (1.123~1.565)	0.059
	尿酸 \geq 420 μ mol/L	0.332	0.037	79.924	<0.001	1.394 (1.296~1.499)	0.869
	eGFR<90 mL/(min·1.73 m ²)	0.760	1.001	0.578	0.448	2.138 (0.300~15.218)	0.925
	有高血压家族史	0.251	0.046	29.485	<0.001	1.286 (1.174~1.408)	0.018
女性 (n=7 388)	年龄(岁)	0.072	0.007	96.040	<0.001	1.075 (1.059~1.090)	
	曾经/当下吸烟	0.009	1.005	0.000	0.993	1.009 (0.141~7.228)	
	曾经/当下饮酒	-0.266	0.321	0.689	0.407	0.766 (0.409~1.437)	
	BMI \geq 24 kg/m ²	0.838	0.097	75.342	<0.001	2.312 (1.914~2.794)	
	腰臀比偏高	0.105	0.094	1.254	0.264	1.111 (0.923~1.337)	
	心率 \geq 100 次/min	1.029	0.167	37.946	<0.001	2.798 (2.017~3.883)	
	甘油三酯 \geq 1.7 mmol/L	0.327	0.136	5.808	0.016	1.386 (1.063~1.809)	
	LDL-C \geq 3.4 mmol/L	0.151	0.165	0.846	0.360	1.163 (0.842~1.606)	
	空腹血糖 \geq 6.1 mmol/L	0.348	0.209	2.756	0.097	1.416 (0.939~2.134)	
	尿酸 \geq 420 μ mol/L	0.324	0.265	1.488	0.222	1.382 (0.823~2.322)	
	eGFR<90 mL/(min·1.73 m ²)	0.372	0.362	1.061	0.304	1.451 (0.713~2.950)	
	有高血压家族史	0.420	0.098	18.404	<0.001	1.522 (1.256~1.844)	

注:采用ENTER选项,将所有变量纳入模型计算。BMI为体重指数;LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇;eGFR为估算的肾小球滤过率。

3 讨论

本研究发现,增龄、男性、高血压家族史是高血压患病和发病风险不可改变的因素;体重增加、糖脂代

谢紊乱、高尿酸血症、肾功能下降、心率增快是青年人群高血压患病和发病风险可改变的代谢相关因素。另外,同一危险因素所致的高血压风险可能存在性别差异。

本研究的重要发现是多种心血管代谢相关因素异常是青年人群患高血压的危险因素,其中心率增加影响最大,其次是高血压家族史,血糖、BMI增加位列第三、四位。与以往研究相比,本文也发现同一个体常同时具有多重可改变的危险因素^[18]。另外,除家族史不可改变外,代谢因素、超重/肥胖、血糖、甘油三酯、LDL-C、尿酸增加均是可改变的危险因素。青年人群代谢因素相对中老年人群更容易调节^[19],针对这些因素给予干预将有效降低高血压患病和发病风险。以青年人群心血管代谢因素作为早期干预靶点,可能更有效强化心血管健康水平^[20],进而降低青年高血压患病和发病风险。

队列研究结果进一步证明了横断面研究的发现。队列研究中,代表交感神经兴奋的心率增加仍是对青年新发高血压影响最大的危险因素^[21],其次是BMI增加^[22]。与横断面结果不同的是,高尿酸血症对青年人群高血压发病风险的影响高于空腹血糖增高。另外,高血压家族史仍是新发高血压的危险因素,但其影响强度不及心率增加及代谢异常。这也提示随着年龄增长,遗传因素对血压的影响可能逐渐减弱,而后天获得性因素的作用在逐渐增加^[23-24],因此预防青年人群发生高血压的重要措施应该是改变不良的获得性因素,如调整运动、饮食等生活方式。

另外,本研究还发现,高血压发病风险可能存在性别差异,这一结果与既往研究结果相似^[25],心率、BMI、甘油三酯增加和高血压家族史为男性和女性青年人群新发高血压的危险因素,且对女性的影响强于男性。而吸烟、高腰臀比、LDL-C、空腹血糖、尿酸只增加了男性新发高血压的风险。因此针对不同性别的干预措施应有针对性,对于男性人群更应强调戒烟,对于女性更应该关注减少内脏脂肪。

无论是横断面还是队列研究,饮酒均是高血压的保护因素。饮酒与健康的关联一直存有争议,荟萃分析发现,饮酒对心血管系统健康有害^[26-27],而且存在剂量-反应关系,但也有研究发现,适量饮酒对血管健康有益^[28]。本研究结果也支持对血管健康有益这一观点,这可能是由于酒精在短时间内具有一定的血管扩张作用,而在青年群体中这种效应可能更加明显^[29],但是本研究还无法证明是适量饮酒还是与适量饮酒有关的因素降低了高血压的发病风险。另外,本研究还存在一些没有控制的混杂因素,可能影响了它们之间的关系。

本研究存在一定的局限性。第一,研究未能采集职业、受教育程度等社会因素的资料,这可能会对研究结果产生潜在影响。第二,本研究为单中心研究,可能无法全面涵盖我国不同地域、文化背景和社会经济

状态下的青年群体,所得结果能否外推至全国的青年群体还需要谨慎考量和进一步研究验证。第三,虽然本研究的横断面设计未能排除继发性高血压患者,但在队列研究中已剔除基线高血压个体,并前瞻性分析了青年群体的高血压影响因素。第四,尽管本研究样本量大,采用多种研究设计,并收集多种信息,仍可能存在未充分考虑的因素,如膳食和运动习惯。第五,饮酒对心血管系统的影响仍存在争议。未来研究可进一步关注饮酒后血压的变化,以深入解析其对血压调控的潜在机制。第六,尚未涉及高血压风险预测模型的开发与验证,这将是未来研究的重要方向。

本研究的优势是研究人群均为青年人群,样本量较大,人群相对固定且有较长的观察期,有吸烟、饮酒等生活方式信息和代谢参数的详细信息。本研究结合横断面与纵向研究,系统分析了青年人群高血压的影响因素,并得出重要结论。

青年人群预期寿命长,一旦明确诊断,后续治疗病程更长,会给我国医疗系统造成更为严重的负担。但是青年人群的依从性好,干预获益快、效果好,如果及早采取有效的预防手段,积极防控慢性病,可以降低并发症风险。除不可控的遗传因素外,改变不良的行为生活方式,戒烟限酒,均衡饮食,控制体重,预防和积极治疗糖尿病,均能对高血压的预防和控制起到积极的作用。

本主题国内外已有的结论

- 家族遗传史、超重、肥胖、久坐少动、高盐饮食、低经济社会地位是目前已知血压升高的诱发因素,这些结果主要来源于中老年群体。

本文特色与见解

- 年龄增加、男性、高血压家族史是青年人群高血压患病和发病不可改变的风险因素,体重增加、糖脂代谢紊乱、高尿酸血症、肾功能下降、心率增快是高血压患病和发病可改变的代谢相关风险因素。
- 同一危险因素所导致的高血压风险存在性别差异。

参考文献

- [1] 中华医学会心血管病学分会,中国康复医学会心脏预防与康复专业委员会,中国老年学和老年医学学会心脏专业委员会,等.中国心血管病一级预防指南[J].中华心血管病杂志,2020,48(12):1000-1038.
- [2] 中国高血压防治指南修订委员会,高血压联盟(中国),中国医疗保健国际交流促进会高血压病学分会,等.中国高血压防治指南

- (2024年修订版)[J]. 中华高血压杂志(中英文), 2024, 32(7): 603-700.
- [3] 马丽媛, 王增武, 樊静, 等. 《中国心血管健康与疾病报告 2021》要点解读[J]. 中国全科医学, 2022, 25(27): 3331-3346.
- [4] Luo D, Cheng Y, Zhang H, et al. Association between high blood pressure and long term cardiovascular events in young adults: systematic review and meta-analysis[J]. *BMJ*, 2020, 370: m3222.
- [5] 王瑛, 赵冬. 中国中青年人心血管病余生风险评估: 心血管病预防要从年轻开始[J]. 中华健康管理学杂志, 2018, 12(1): 83-85.
- [6] Oparil S, Acelajado MC, Bakris GL, et al. Hypertension[J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2018, 4: 18014.
- [7] Manini TM. Energy expenditure and aging[J]. *Ageing Res Rev*, 2010, 9(1): 1-11.
- [8] 吉莉, 卢中秋, 林榕, 等. 中青年正常高值血压人群健康促进生活方式现状及影响因素[J]. 中国实用护理杂志, 2021, 37(25): 1940-1946.
- [9] 王馨, 周好奇, 陈祚, 等. 我国中青年人群高血压流行和治疗控制现状[J]. 中华心血管病杂志, 2022, 50(12): 1169-1176.
- [10] LoPiccolo J, Gusev A, Christiani DC, et al. Lung cancer in patients who have never smoked: an emerging disease[J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2024, 21(2): 121-146.
- [11] Han L, Jia J. Long-term effects of alcohol consumption on cognitive function in seniors: a cohort study in China[J]. *BMC Geriatr*, 2021, 21(1): 699.
- [12] 中国超重/肥胖医学营养治疗专家共识编写委员会. 中国超重/肥胖医学营养治疗专家共识(2016年版)[J]. 中华糖尿病杂志, 2016, 8(9): 525-540.
- [13] 中国血脂管理指南修订联合专家委员会. 中国血脂管理指南(2023年)[J]. 中华心血管病杂志, 2023, 51(3): 221-255.
- [14] 中国民族卫生协会重症代谢疾病分会, 高尿酸血症相关疾病诊疗多学科共识专家组. 中国高尿酸血症相关疾病诊疗多学科专家共识(2023年版)[J]. 中国实用内科杂志, 2023, 43(6): 461-480.
- [15] Levey AS, Stevens LA, Schmid CH, et al. A new equation to estimate glomerular filtration rate[J]. *Ann Intern Med*, 2009, 150(9): 604-612.
- [16] 中华医学会糖尿病学分会, 国家基层糖尿病防治管理办公室. 国家基层糖尿病防治管理指南(2022)[J]. 中华内科杂志, 2022, 61(3): 249-262.
- [17] Yang J, Wu S, Wang A, et al. Sex-specific risk factors for early-onset ischaemic stroke[J]. *Eur J Neurosci*, 2023, 57(10): 1763-1774.
- [18] 王耕, 李立明, 胡永华, 等. 上海市社区人群高血压危险因素聚集与患病关系的研究[J]. 中华流行病学杂志, 2013, 34(4): 307-310.
- [19] Kuk JL, Ardern CI. Age and sex differences in the clustering of metabolic syndrome factors: association with mortality risk[J]. *Diabetes Care*, 2010, 33(11): 2457-2461.
- [20] Lloyd-Jones DM, Allen NB, Anderson C, et al. Life's Essential 8: updating and enhancing the American Heart Association's construct of cardiovascular health: a presidential advisory from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2022, 146(5): e18-e43.
- [21] Reule S, Drawz PE. Heart rate and blood pressure: any possible implications for management of hypertension?[J]. *Curr Hypertens Rep*, 2012, 14(6): 478-484.
- [22] Mikhail N, Golub MS, Tuck ML. Obesity and hypertension[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 1999, 42(1): 39-58.
- [23] Ehret GB, Caulfield MJ. Genes for blood pressure: an opportunity to understand hypertension[J]. *Eur Heart J*, 2013, 34(13): 951-961.
- [24] 史云聪, 王立立, 郭艺芳. 基因-环境因素相互作用与高血压的关系及其对社区管理的建议[J]. 中国全科医学, 2021, 24(2): 138-142.
- [25] 陆凤, 胡如英, 方乐, 等. 高血压患者的危险因素及其在知晓、治疗、控制上的性别差异[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2016, 32(11): 922-927.
- [26] Nutt D, Hayes A, Fonville L, et al. Alcohol and the brain[J]. *Nutrients*, 2021, 13(11): 3938.
- [27] Roerecke M. Alcohol's impact on the cardiovascular system[J]. *Nutrients*, 2021, 13(10): 3419.
- [28] O'Keefe EL, DiNicolantonio JJ, O'Keefe JH, et al. Alcohol and CV health: Jekyll and Hyde J-curves[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2018, 61(1): 68-75.
- [29] Fuchs FD, Fuchs SC. The effect of alcohol on blood pressure and hypertension[J]. *Curr Hypertens Rep*, 2021, 23(10): 42.

收稿日期: 2024-09-15 责任编辑: 张刘锋