

## ·评价与分析·

## 潍坊地区健康体检人群动脉硬化流行特征及影响因素分析

邱爱华<sup>1</sup> 翟艳<sup>1</sup> 周海燕<sup>1</sup> 孟庆慧<sup>2</sup><sup>1</sup>潍坊市人民医院健康管理中心, 潍坊 261000; <sup>2</sup>山东第二医科大学护理学院, 潍坊 261200

通信作者: 孟庆慧, Email: hui\_m12@163.com

**【摘要】 目的** 了解潍坊市部分健康体检人群动脉硬化发生情况及其影响因素。**方法** 选取潍坊市某三甲医院健康管理中心的 1 625 名体检者, 测量身高、体重、血压、测肱-踝动脉脉搏波传导速度(baPWV)和踝肱指数(ABI), 空腹取血检测生化指标。以 baPWV $\geq$ 1 400 cm/s 为动脉硬化的判定标准, 分析人群动脉硬化的流行特征。采用二元 Logistic 回归进行动脉硬化的影响因素分析, 同时分析不同年龄分层下, BMI 与血压之间是否存在交互效应, 以及对 baPWV 的影响。**结果** 动脉硬化的检出率为 51.08% (830/1 625), 动脉硬化在男性 (52.7%, 649/1 231)、 $\geq$ 60 岁 (86.6%, 305/352)、肥胖 (55.6%, 155/279)、高脂血症 (55.4%, 400/722)、空腹血糖 (FBG) $\geq$ 6.5 mmol/L (79.8%, 95/119)、血压控制不佳 (79.2%, 443/559) 的人群中检出率更高, 差异有统计学意义 ( $\chi^2=5.49$ , 332.61, 13.26, 9.73, 42.49 和 270.64,  $P$  值分别为 0.019,  $<0.001$ , 0.010, 0.002,  $<0.001$  和  $<0.001$ )。多因素回归分析发现, 年龄 ( $OR=1.111$ , 95%  $CI$ : 1.091~1.228)、收缩压 ( $OR=1.053$ , 95%  $CI$ : 1.040~1.067)、舒张压 ( $OR=1.050$ , 95%  $CI$ : 1.031~1.070)、BMI ( $OR=0.934$ , 95%  $CI$ : 0.891~0.910)、FBG ( $OR=1.290$ , 95%  $CI$ : 1.126~1.478) 是动脉硬化的独立影响因素。在 40~59 岁健康人群以及  $\geq$ 60 岁健康人群中, 血压与 BMI 存在交互效应 ( $P=0.005$  和 0.048)。40~59 岁的高血压人群中, BMI 正常的人群 baPWV 值高于超重及肥胖人群 (差值分别为 103.508 cm/s 和 114.508 cm/s), 超重人群 baPWV 值高于肥胖人群 (差值为 10.999 cm/s);  $\geq$ 60 岁的高血压人群中, BMI 正常的人群 baPWV 值高于超重及肥胖人群 (差值分别为 161.418 cm/s 和 166.642 cm/s), 超重人群 baPWV 值高于肥胖人群 (差值为 5.223 cm/s)。**结论** 潍坊市部分健康体检人群动脉硬化检出人数较高, 高血糖、高血压、肥胖、高龄是造成动脉硬化的重要原因。在  $\geq$ 40 岁的高血压人群中, 高 BMI 人群更不易发生动脉硬化。

**【关键词】** 动脉硬化; 臂踝脉搏波传播速度; 体检人群; 身体质量指数; 血压

DOI: 10.3760/cma.j.cn331340-20240624-00131

## Prevalence and influencing factors of arteriosclerosis in a health check-up population in Weifang City

Qiu Aihua<sup>1</sup>, Di Yan<sup>1</sup>, Zhou Haiyan<sup>1</sup>, Meng Qinghui<sup>2</sup><sup>1</sup>Health Management Center, Weifang People's Hospital, Weifang 261000, China; <sup>2</sup>School of Nursing, Shandong Second Medical University, Weifang 261200, China

Corresponding author: Meng Qinghui, Email: hui\_m12@163.com

**【Abstract】 Objective** To investigate the occurrence of arteriosclerosis in some health check-up people in Weifang City, and the influencing factors of arteriosclerosis. **Methods** A total of 1 625 physical examiners from the health management center of a tertiary hospital in Weifang City were selected. Measurements included height, weight, blood pressure, brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV) and ankle-brachial index (ABI), and blood samples were taken to detect biochemical indicators. Taking baPWV $\geq$ 1 400 cm/s as the criterion for diagnosing arteriosclerosis, the prevalence of arteriosclerosis was analyzed. Binary Logistic regression analysis was carried out to understand the influencing factors of arteriosclerosis. Additionally, the potential interaction effects between body mass index (BMI) and blood pressure across different age groups and their impact on baPWV were also examined. **Results** The detection rate of arteriosclerosis was 51.08% (830/1 625). The detection rates of arteriosclerosis were higher in males (52.7%, 649/1 231), individuals aged  $\geq$ 60 years (86.6%, 305/352), those with obesity (55.6%, 155/279), hyperlipidemia (55.4%, 400/722), fasting blood glucose (FBG) $\geq$ 6.5 mmol/L (79.8%, 95/119), and individuals with poorly controlled blood pressure (79.2%, 443/559). The differences were statistically significant ( $\chi^2=5.49$ , 332.61, 13.26, 9.73, 42.49 and

270.64,  $P=0.019$ ,  $<0.001$ , 0.010, 0.002,  $<0.001$  and  $<0.001$ ). Multivariate regression analysis revealed that age ( $OR=1.111$ , 95%CI: 1.091-1.228), systolic blood pressure ( $OR=1.053$ , 95%CI: 1.040-1.067), diastolic blood pressure ( $OR=1.050$ , 95%CI: 1.031-1.070), BMI ( $OR=0.934$ , 95%CI: 0.891-0.910), and FBG ( $OR=1.290$ , 95%CI: 1.126-1.478) were independent factors influencing arteriosclerosis. In the healthy population aged 40-59 years and  $\geq 60$  years, an interaction effect between blood pressure and BMI was found ( $P=0.005$  and 0.048). In the hypertensive population aged 40-59 years, individuals with normal BMI had higher baPWV values than those with overweight and obesity (differences of 103.508 cm/s and 114.508 cm/s, respectively), and individuals with overweight had higher baPWV values than those with obesity (the difference of 10.999 cm/s). In the hypertensive population aged  $\geq 60$  years, individuals with normal BMI had higher baPWV values than those with overweight and obesity (differences of 161.418 cm/s and 166.642 cm/s, respectively), and individuals with overweight had higher baPWV values than those with obesity (the difference of 5.223 cm/s). **Conclusions** The prevalence of arteriosclerosis is high in certain health check-up populations in Weifang City. Hyperglycemia, hypertension, obesity, and advanced age are important factors contributing to the development of arteriosclerosis. Among hypertensive individuals aged  $\geq 40$  years, those with a high BMI are less likely to develop arteriosclerosis.

**【Key words】** Arteriosclerosis; Brachial-ankle pulse wave velocity; Population for medical examination; Body mass index; Blood pressure

DOI: 10.3760/cma.j.cn331340-20240624-00131

动脉硬化是血管出现病理改变使动脉壁增厚、硬化和失去弹性的表现<sup>[1-2]</sup>,也是引起心肌梗死、卒中中等心脑血管疾病的重要危险因素,其组织学特征主要表现为血管壁内膜和中膜的增厚,胶原纤维的过度增生,以及细胞外基质的重塑等<sup>[3]</sup>。体表超声可用于评估血管厚度及斑块内回声情况,但评估血管硬化程度欠佳。通过压敏传感检测系统进行测量的肱-踝动脉脉搏波传导速度 (brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV),因其便捷、无创的特性,常被用于评估人体动脉硬化程度,在临床及科研中应用广泛<sup>[4]</sup>。目前,对于动脉硬化发生的危险因素研究仍不充分,有研究表明,儿童期血压升高增加了成年期动脉硬化的风险<sup>[5]</sup>,而作为糖尿病、高血压、心血管疾病的危险因素,超重和肥胖在动脉硬化发生发展中也扮演重要角色<sup>[6-7]</sup>。本文通过选取潍坊市部分健康体检人群,探究动脉硬化的发生情况及影响因素,为社会人群健康管理提供更准确的参考依据。

## 对象与方法

### 一、研究对象

将 2022 年 2—6 月在潍坊市某三甲医院健康管理中心进行血管弹性检测体检者作为研究对象。纳入标准:  $>18$  岁;临床资料齐全;自愿参加本研究

并签署知情同意书;无心肺脑疾患。排除标准:资料不全者、冠心病患者、冠脉支架及冠脉搭桥术后患者、已确诊的高血压及糖尿病患者、已知恶性肿瘤患者。本研究经潍坊市人民医院医学科研伦理委员会通过(伦理号: KYLL20230701-3)。

## 二、研究方法

### 1. 一般检查、生化指标

受检者清晨空腹状态下采血进行生化指标检测并进行一般体格检测。生化指标包括胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇 (high density lipoprotein-cholesterol, HDL-L)、低密度脂蛋白胆固醇 (low density lipoprotein-cholesterol, LDL-L) 和空腹血糖 (fasting blood glucose, FBG) 等。其中,成年人空腹血清中总胆固醇超过 5.72 mmol/L 和(或)甘油三酯超过 1.70 mmol/L 为高血脂症;空腹血尿酸水平男性高于 420  $\mu\text{mol/L}$ , 女性高于 360  $\mu\text{mol/L}$  为高尿酸血症。使用欧姆龙电子血压计进行血压检测,取 2 次检测平均值,收缩压  $\geq 140$  mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 和(或)舒张压  $\geq 90$  mmHg 判定为高血压<sup>[7]</sup>。使用东华原 DST-500 电子秤收集受检者身高、体重及身体质量指数 (body mass index, BMI)。BMI  $< 24$  kg/m<sup>2</sup> 为正常, (24~27.9) kg/m<sup>2</sup> 为超重,  $\geq 28$  kg/m<sup>2</sup> 为肥胖。

2.baPWV 检测

采用欧姆龙公司 BP-203RPEIII 动脉硬化检测仪采集 baPWV 数值。帮助受试者于肘上 2 cm 处固定好上肢袖带,踝部上 2 cm 处固定好下肢袖带,电极片置于两侧手腕处检测心律失常情况,心音器置于胸骨左缘第四肋间,记录心音,机器根据不同部位压力波自动计算并输出 baPWV 和踝肱臂指数 (ankle-branchial index,ABI) 数值。baPWV $\geq$ 1 400 cm/s 视为动脉硬化<sup>[8]</sup>。

三、统计学方法

采用 SPSS25.0 统计软件对数据进行统计分析,计量资料进行正态性检验,符合正态分布的资料采用均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,两两比较采用独立样本 *t* 检验,多组间比较采用方差分析。不符合正态分布的计量资料做对数转换呈正态分布后,进行方差齐性检验并进行方差分析。计数资料采用 $\chi^2$  检验。baPWV 相关因素 Logistic 回归分析方法选择逐步后退法,变量检验水准为 0.05,剔除水准为 0.1。应用 Pearson 相关模型检验患者 BMI 与血压水平的相关性;对 baPWV 进行多因素方差分析及趋势分析,研究血压、BMI、baPWV 之间是否存在交互效应并做简单效应分析,*P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、一般情况

本研究共纳入 1 625 名体检者,其中男性 1 231 名,女性 394 名,年龄(51.59 $\pm$ 12.31)岁。体检者中动脉硬化的检出率为 51.08%(830/1 625)。对动脉硬化在不同特征人群的分布情况进行比较,结果发现,动脉硬化在男性(52.7%,649/1 231)、 $\geq$ 60 岁(86.6%,305/352)、肥胖(55.6%,155/279)、高脂血症(55.4%,400/722)、FBG $\geq$ 6.5 mmol/L(79.8%,95/119)和高血压(79.2%,443/559)的人群中检出率更高,差异有统计学意义( $\chi^2=5.49$ 、332.61、13.26、9.73、42.49 和 270.64,*P* 值分别为 0.019、<0.001、0.010、0.002、<0.001 和<0.001),详见表 1。

二、影响动脉硬化的因素

以是否存在动脉硬化作为因变量,将患者的年

表 1 动脉硬化在不同特征健康体检人群的分布情况

| 组别                      | 总人数   | 动脉硬化<br>(例) | 检出率<br>(%) | $\chi^2$ 值 | <i>P</i> 值 |
|-------------------------|-------|-------------|------------|------------|------------|
| 性别                      |       |             |            | 5.49       | 0.019      |
| 男性                      | 1 231 | 649         | 52.7       |            |            |
| 女性                      | 394   | 181         | 45.9       |            |            |
| 年龄(岁)                   |       |             |            | 332.61     | <0.001     |
| 20~39                   | 342   | 60          | 17.5       |            |            |
| 40~59                   | 931   | 465         | 49.9       |            |            |
| $\geq$ 60               | 352   | 305         | 86.6       |            |            |
| BMI(kg/m <sup>2</sup> ) |       |             |            | 13.26      | 0.010      |
| <24                     | 555   | 249         | 44.9       |            |            |
| 24~27.9                 | 791   | 426         | 53.9       |            |            |
| $\geq$ 28               | 279   | 155         | 55.6       |            |            |
| 高脂血症                    |       |             |            | 9.73       | 0.002      |
| 有                       | 722   | 400         | 55.4       |            |            |
| 无                       | 903   | 430         | 47.6       |            |            |
| 高尿酸血症                   |       |             |            | 0.80       | 0.371      |
| 有                       | 389   | 191         | 49.1       |            |            |
| 无                       | 1 236 | 639         | 51.7       |            |            |
| FBG(mmol/L)             |       |             |            | 42.49      | <0.001     |
| $\geq$ 6.5              | 119   | 95          | 79.8       |            |            |
| <6.5                    | 1 506 | 735         | 48.8       |            |            |
| 高血压                     |       |             |            | 270.64     | <0.001     |
| 有                       | 559   | 443         | 79.2       |            |            |
| 无                       | 1 066 | 387         | 36.3       |            |            |

注: BMI: 身体质量指数; FBG: 空腹血糖

龄、性别、ABI、收缩压、舒张压、BMI、总胆固醇、甘油三酯、HDL-L、LDL-L、高脂血症、FBG、尿酸为自变量,分别进行二元 Logistic 逐步回归分析。单因素分析结果发现,年龄、性别、ABI、收缩压、舒张压、BMI、总胆固醇、LDL-L、高脂血症、FBG 对动脉硬化的影响具有统计学意义(均 *P*<0.05),见表 2。对上述有统计学意义的影响因素进一步纳入多因素回归分析后发现,年龄(*OR*=1.111,95%*CI*:1.091~1.228)、收缩压(*OR*=1.053,95%*CI*:1.040~1.067)、舒张压(*OR*=1.050,95%*CI*:1.031~1.070)、BMI(*OR*=0.934,95%*CI*:0.891~0.910)和 FBG(*OR*=1.290,95%*CI*:1.126~1.478)是动脉硬化的独立影响因素,见表 3。

三、不同年龄人群血压与 BMI 对 baPWV 影响的交互效应分析

以年龄进行分层,进一步探究 BMI(三分类)与血压(两分类)之间是否存在交互效应。结果显示,在

表 2 健康体检人群动脉硬化的单因素分析( $n=1\ 625$ )

| 变量    | $\beta$ 值 | $s_e$ 值 | Wald $\chi^2$ 值 | OR 值  | $P$ 值  |
|-------|-----------|---------|-----------------|-------|--------|
| 年龄    | 0.105     | 0.006   | 316.18          | 1.111 | <0.001 |
| 性别    | -0.272    | 0.116   | 5.48            | 0.739 | 0.019  |
| ABI   | 0.002     | 0.001   | 4.72            | 1.002 | 0.030  |
| 收缩压   | 0.080     | 0.005   | 315.40          | 1.083 | <0.001 |
| 舒张压   | 0.080     | 0.006   | 208.70          | 1.083 | <0.001 |
| BMI   | 0.049     | 0.016   | 9.07            | 1.050 | 0.003  |
| 总胆固醇  | 0.142     | 0.050   | 8.07            | 1.152 | 0.004  |
| 甘油三酯  | 0.003     | 0.018   | 0.03            | 1.003 | 0.869  |
| HDL-L | 0.152     | 0.126   | 1.47            | 1.165 | 0.226  |
| LDL-L | 0.204     | 0.059   | 11.95           | 1.226 | 0.001  |
| 高脂血症  | 0.312     | 0.100   | 9.70            | 1.366 | 0.002  |
| FBG   | 0.679     | 0.074   | 84.91           | 1.973 | <0.001 |
| 尿酸    | 0.001     | 0.001   | 0.17            | 1.000 | 0.682  |

注:ABI:踝肱指数;BMI:身体质量指数;HDL-L:高密度脂蛋白胆固醇;LDL-L:低密度脂蛋白胆固醇;FBG:空腹血糖

表 3 健康体检人群动脉硬化的多因素分析( $n=1\ 625$ )

| 变量    | $\beta$ 值 | Wald $\chi^2$ 值 | $P$ 值  | OR 值  | 95%CI |       |
|-------|-----------|-----------------|--------|-------|-------|-------|
|       |           |                 |        |       | 上限    | 下限    |
| 年龄    | 0.106     | 214.41          | <0.001 | 1.111 | 1.096 | 1.127 |
| 性别    | -0.326    | 3.18            | 0.075  | 0.722 | 0.504 | 1.033 |
| ABI   | 0.001     | 0.56            | 0.453  | 1.001 | 0.998 | 1.004 |
| 收缩压   | 0.052     | 60.32           | <0.001 | 1.053 | 1.040 | 1.067 |
| 舒张压   | 0.049     | 26.74           | <0.001 | 1.050 | 1.031 | 1.070 |
| BMI   | -0.068    | 7.99            | 0.005  | 0.934 | 0.891 | 0.910 |
| 总胆固醇  | 0.023     | 0.48            | 0.490  | 1.023 | 0.959 | 1.091 |
| FBG   | 0.255     | 13.47           | <0.001 | 1.290 | 1.126 | 1.478 |
| LDL-L | 0.058     | 0.44            | 0.505  | 1.060 | 0.893 | 1.257 |
| 高脂血症  | 0.083     | 0.33            | 0.567  | 1.086 | 0.818 | 1.443 |

注:ABI:踝肱指数;BMI:身体质量指数;LDL-L:低密度脂蛋白胆固醇;FBG:空腹血糖

20~39 岁人群中,血压与 BMI 不存在交互效应( $P=0.599$ );在 40~59 岁以及  $\geq 60$  岁健康人群中,血压与 BMI 存在交互效应( $P=0.005$  和  $0.048$ )。详见表 4。

进一步对 40~59 岁和  $\geq 60$  岁健康人群高血压组及血压正常组的不同 BMI 分层的 baPWV 进行比较,结果发现,高血压组人群中,超重组、肥胖组的 baPWV 平均值逐渐减小,其差异具有统计学意义( $F=7.04$  和  $4.27$ , $P=0.001$  和  $0.015$ ),详见表 5。

进一步事后两两比较,40~59 岁高血压人群中 BMI 正常组 baPWV 值比超重组高  $103.508\text{ cm/s}$ ,比肥胖组高  $114.508\text{ cm/s}$ ,差异均具有统计学意义( $P=0.001$  和  $0.001$ ),超重组比肥胖组高  $10.999\text{ cm/s}$ ,

表 4 不同年龄分层下血压与 BMI 主体间效应检验结果

| 项目                          | 均方误差           | $F$ 值  | $P$ 值  |
|-----------------------------|----------------|--------|--------|
| 20~39 岁                     |                |        |        |
| 血压(2 分类)                    | 696 391.019    | 34.52  | <0.001 |
| BMI(3 分类)                   | 34 434.007     | 1.71   | 0.183  |
| 血压(2 分类) $\times$ BMI(3 分类) | 10 360.545     | 0.51   | 0.599  |
| 40~59 岁                     |                |        |        |
| 血压(2 分类)                    | 8 470 638.471  | 210.17 | <0.001 |
| BMI(3 分类)                   | 202 381.613    | 5.02   | 0.007  |
| 血压(2 分类) $\times$ BMI(3 分类) | 219 043.451    | 5.44   | 0.005  |
| $\geq 60$ 岁                 |                |        |        |
| 血压(2 分类)                    | 46 000 135.713 | 40.22  | <0.001 |
| BMI(3 分类)                   | 199 689.302    | 1.75   | 0.176  |
| 血压(2 分类) $\times$ BMI(3 分类) | 350 149.354    | 3.00   | 0.048  |

注:血压 2 分类:高血压和血压正常;BMI3 分类:正常、超重、肥胖

表 5 40~59 岁及  $\geq 60$  岁健康人群不同血压水平下不同 BMI 人群的 baPWV( $\text{cm/s}, \bar{x} \pm s$ )

| BMI   | 不同血压水平的 baPWV<br>(40~59 岁组) |                           | 不同血压水平的 baPWV<br>( $\geq 60$ 岁组) |                           |
|-------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|
|       | 高血压组                        | 血压正常组                     | 高血压组                             | 血压正常组                     |
|       | 正常                          | 超重                        | 肥胖                               |                           |
| 正常    | 1 657.672 $\pm$<br>25.705   | 1 356.496 $\pm$<br>12.748 | 2 012.642 $\pm$<br>46.453        | 1 609.418 $\pm$<br>41.316 |
| 超重    | 1 554.164 $\pm$<br>15.352   | 1 356.990 $\pm$<br>11.789 | 1 851.223 $\pm$<br>34.648        | 1 622.244 $\pm$<br>35.648 |
| 肥胖    | 1 543.165 $\pm$<br>22.587   | 1 361.598 $\pm$<br>22.170 | 1 846.000 $\pm$<br>63.911        | 1 672.100 $\pm$<br>75.621 |
| $F$ 值 | 7.04                        | 0.02                      | 4.27                             | 0.27                      |
| $P$ 值 | 0.001                       | 0.979                     | 0.015                            | 0.767                     |

注:baPWV:臂踝脉搏波传播速度;BMI:身体质量指数

其差异无统计学意义( $P=0.687$ )。而  $\geq 60$  岁高血压人群中 BMI 正常组 baPWV 值比超重组高  $161.418\text{ cm/s}$ ,比肥胖组高  $166.642\text{ cm/s}$ ,差异有统计学意义( $P=0.006$  和  $0.036$ ),超重组比肥胖组高  $5.233\text{ cm/s}$ ,其差异无统计学意义( $P=0.943$ )。结果见表 6。

同时,40~59 岁人群不同 BMI 分层下,高血压组与血压正常组的 baPWV 的差异进行比较,结果见表 7,在 BMI 正常及超重人群中,高血压组与血压正常组比较 baPWV 值差异有统计学意义( $P$  值分别为  $<0.001$ 、 $<0.001$  和  $0.080$ ); $\geq 60$  岁不同 BMI 分层,高血压组与血压正常组的 baPWV 的差异进行比较,结果发现,在 BMI 正常及超重人群中,高血压组与血压正常组比较 baPWV 值差异有统计学意义( $P$  值分别为  $<0.001$ 、 $<0.001$  和  $0.082$ )。

表 6 40~59 岁及≥60 岁高血压人群中不同 BMI 人群的 baPWV 比较分析结果

| 年龄(岁) | 血压   | (I) BMI | (J) BMI | baPWV 平均值差值(I-J, cm/s) | 标准误差   | P 值   | 差值的 95%CI |         |
|-------|------|---------|---------|------------------------|--------|-------|-----------|---------|
|       |      |         |         |                        |        |       | 下限        | 上限      |
| 40~59 | 高血压组 | 正常      | 超重      | 103.508                | 29.010 | 0.001 | 44.749    | 162.267 |
|       |      |         | 肥胖      | 114.508                | 33.401 | 0.001 | 11.241    | 181.663 |
|       |      | 超重      | 肥胖      | 10.999                 | 17.676 | 0.687 | -137.983  | 64.598  |
| ≥60   | 高血压组 | 正常      | 超重      | 161.418                | 58.091 | 0.006 | 47.161    | 275.675 |
|       |      |         | 肥胖      | 166.642                | 79.010 | 0.036 | 11.241    | 322.042 |
|       |      | 超重      | 肥胖      | 5.223                  | 72.810 | 0.943 | -137.983  | 148.430 |

注:baPWV:臂踝脉搏波传播速度;BMI:身体质量指数

表 7 40~59 岁及≥60 岁健康人群不同 BMI 分层下不同血压水平人群的 baPWV 比较分析结果

| 年龄(岁) | BMI | (I) 血压 | (J) 血压 | baPWV 平均值差值(I-J, cm/s) | 标准误差   | P 值    | 差值的 95%CI |         |
|-------|-----|--------|--------|------------------------|--------|--------|-----------|---------|
|       |     |        |        |                        |        |        | 下限        | 上限      |
| 40~59 | 正常  | 高血压组   | 血压正常组  | 403.224                | 62.169 | <0.001 | 280.948   | 525.499 |
|       | 超重  |        |        | 228.979                | 49.875 | <0.001 | 130.883   | 327.074 |
|       | 肥胖  |        |        | 173.900                | 99.011 | 0.080  | 20.839    | 368.639 |
| ≥60   | 正常  | 高血压组   | 血压正常组  | 596.204                | 27.685 | <0.001 | 318.018   | 625.059 |
|       | 超重  |        |        | 294.087                | 19.688 | <0.001 | 170.554   | 357.162 |
|       | 肥胖  |        |        | 181.118                | 38.148 | 0.082  | 70.129    | 382.265 |

注:baPWV:臂踝脉搏波传播速度;BMI:身体质量指数

讨 论

动脉硬化是缓慢进展的体循环病变,受累动脉从出现管壁增厚、僵硬、脆性增加,逐渐发展为管腔狭窄、闭塞,甚至引起斑块内出血、破溃、血栓形成,引起全身各系统疾病<sup>[9]</sup>。早期发现动脉硬化,对其危险因素进行干预,有助于预防心脑血管并发症。baPWV 是评估动脉硬化程度的良好指标<sup>[4, 10]</sup>。

一、高血糖、高血压、肥胖和高龄是动脉硬化的独立危险因素

本研究发现,潍坊市部分健康体检人群动脉硬化检出率为 51.08%(830/1 625),动脉硬化在男性、高龄、肥胖、高脂血症、有糖尿病、高血压病史以及血糖、血压控制不佳的人群中检出率更高。年龄、收缩压、舒张压、BMI 和 FBG 是动脉硬化的独立影响因素。动脉硬化是随年龄增长而逐渐发展的血管退行性病变,有研究表明,年龄是高血压合并动脉硬化的独立危险因素<sup>[11]</sup>,与本研究结果一致。血糖是动脉硬化的重要影响因素<sup>[12]</sup>,黄钱珍和孙健良<sup>[13]</sup>对 86 例 2 型糖尿病患者进行对比,发现下肢动脉硬化与患者的血糖、血脂水平关系密切。但在本研究中,尽

管高脂血症患者发生动脉硬化的更多,但其并非动脉硬化的独立影响因素,考虑原因本研究纳入对象为健康人群,样本量及样本范围更大,减少了血脂对动脉硬化的影响。研究表明,高血压或血压升高是动脉硬化的重要危险因素<sup>[14]</sup>。Huang 等<sup>[15]</sup>研究发现血压降低和高血压人群应用强化药物降压后可以降低 baPWV 值,有助于降低动脉僵硬度,延缓高血压患者动脉硬化的进展。肥胖与动脉硬化的关系目前研究较少,陈雪芹等<sup>[6]</sup>发现肥胖与 baPWV 存在显性关系,是影响外周动脉疾病的重要危险因素。

二、高血压人群中 BMI 与 baPWV 呈负相关

本文对所纳入人群的年龄、BMI、血压的交互作用进行了简单效应分析。对年龄进行了分层处理,结果显示,在 40~59 岁以及≥60 岁健康人群中, BMI 与血压之间存在交互效应,在高血压人群中, BMI 正常组、超重组、肥胖组的 baPWV 平均值呈降低趋势,且正常组的 baPWV 明显高于超重组、肥胖组人群,这表明在高血压人群中,肥胖、超重人群的动脉硬化程度更轻,高 BMI 对动脉硬化呈现保护作用,这与一些研究结果相似<sup>[16-18]</sup>。Huang 等<sup>[17]</sup>发现男性高血压群体中,高 BMI 对 baPWV 是保护因素。动脉

硬化是心血管疾病死亡的重要原因,而高 BMI 对高血压人群显示出的保护作用可能会降低心血管疾病的死亡风险<sup>[18]</sup>。高血压人群中 BMI 与 baPWV 呈现负相关的具体机制尚不明确,可能为高 BMI 使机体充血致动脉宽度变宽,维持了肾脏高灌注,部分缓解了肾素-血管紧张素-醛固酮系统的过度激活,降低了高血压引起的动脉僵硬度<sup>[19]</sup>。但这种保护作用并不意味体重增加一定是有益的。本研究中,BMI 正常和超重人群中,高血压组 baPWV 值较血压正常组高,说明高血压人群更容易出现动脉硬化。Elagizi 等<sup>[20]</sup>认为“肥胖悖论现象”在超重和 I 级肥胖中表现明显,而在严重或病态肥胖人群并不明显。

综上所述,高血糖、高血压、肥胖和高龄是动脉硬化主要的危险因素。高血压人群中高 BMI 对 baPWV 具有一定保护作用,尤其对于年龄 $\geq 40$ 岁的人群,有效控制血压会比控制体重更好地保护动脉弹性。本研究尚存在以下不足:首先,研究为单中心,样本量偏小,选择研究人群过程中易产生偏倚;其次,未对观察目标进行随访,相关因素对于 baPWV 的远期变化情况,尤其是治疗后的血压、血糖对于 baPWV 有无改善作用值得进一步研究。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 邱爱华:数据分析、论文撰写;翟艳:数据收集、文献检索;周海燕:数据收集、图表制作;孟庆慧:论文调查设计

## 参 考 文 献

- [1] Pereira PL, Arnold D, de Baère T, et al. A multicentre, international, observational study on transarterial chemoembolisation in colorectal cancer liver metastases: Design and rationale of CIREL[J]. Dig Liver Dis, 2020, 52(8): 857-861. DOI: 10.1016/j.dld.2020.05.051.
- [2] Libby P, Buring JE, Badimon L, et al. Atherosclerosis[J]. Nat Rev Dis Primers, 2019, 5(1):56. DOI: 10.1038/s41572-019-0106-z.
- [3] 姜峻峰.老年人动脉硬化与短时血压变异的相关性研究[D].沈阳:中国医科大学, 2024.
- [4] 李悦,夏俊,张敏,等.脉搏波传导速度评价动脉粥样硬化性疾病的应用进展[J].中国动脉硬化杂志, 2021, 29(3): 271-276. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3949.2021.03.013.
- [5] 廖月园,张腾,牟建军.儿童期血压升高与成年高血压和动脉硬化的关系:青少年队列 30 年随访研究[J].中国妇幼健康研究, 2025, 36(2): 1-8.
- [6] 陈雪芹,付国涛,李灵兰,等.成人肥胖对外周动脉疾病的影响及发病风险评估研究[J].蚌埠医学院学报, 2024, 49(10): 1376-1383. DOI: 10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2024.10.023.
- [7] Mills KT, Stefanescu A, He J. The global epidemiology of hypertension [J]. Nat Rev Nephrol, 2020, 16(4): 223-237. DOI: 10.1038/s41581-019-0244-2.
- [8] 中国医师协会心血管内科医师分会,《2 型糖尿病患者泛血管疾病风险评估与管理中国专家共识(2022 版)》专家组. 2 型糖尿病患者泛血管疾病风险评估与管理中国专家共识(2022 版)[J]. 中华糖尿病杂志, 2022, 14 (10): 1017-1034. DOI: 10.3760/cma.j.cn115791-20220810-00393.
- [9] Libby P, Bornfeldt KE, Tall AR. Atherosclerosis: Successes, surprises, and future challenges [J]. Circ Res, 2016, 118 (4): 531-534. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.116.308334.
- [10] 边文慧,李杰,代学帅,等.脉搏波传导速度与动脉硬化的关系[J].中国医学创新, 2025, 22(2): 175-179. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4985.2025.02.040.
- [11] 顾雅婷,吕佳,王旭红,等.高血压合并动脉硬化独立危险因素的分析[J].新疆医学, 2024, 54(12): 1457-1461.
- [12] Yahagi K, Kolodgie FD, Lutter C, et al. Pathology of human coronary and carotid artery atherosclerosis and vascular calcification in diabetes mellitus[J]. Arterioscler Thromb Vasc Biol, 2017, 37(2): 191-204. DOI: 10.1161/ATVBAHA.116.306256.
- [13] 黄钱珍,孙健良. 2 型糖尿病患者血糖及血脂水平变化与下肢血管病变的相关性分析[J].现代医学与健康研究(电子版), 2023, 7(18): 16-18. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3718.2023.18.006.
- [14] Libby P. The changing landscape of atherosclerosis[J]. Nature, 2021, 592(7855): 524-533. DOI: 10.1038/s41586-021-03392-8.
- [15] Huang Z, Wang G, Jonas JB, et al. Blood pressure control and progression of arteriosclerosis in hypertension[J]. J Hypertens, 2021, 39(6): 1221-1229. DOI: 10.1097/HJH.0000000000002758.
- [16] Ortega FB, Sui X, Lavie CJ, et al. Body mass index, the most widely used but also widely criticized index: Would a criterion standard measure of total body fat be a better predictor of cardiovascular disease mortality?[J]. Mayo Clin Proc, 2016, 91(4): 443-455. DOI: 10.1016/j.mayocp.2016.01.008.
- [17] Huang J, Chen Z, Yuan J, et al. Association between body mass index (BMI) and brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV) in males with hypertension: A community-based cross-section study in North China[J]. Med Sci Monit, 2019, 25: 5241-5257. DOI: 10.12659/MSM.914881.
- [18] Zhou Q, Liu X, Zhao Y, et al. BMI and risk of all-cause mortality in normotensive and hypertensive adults: The rural Chinese cohort study[J]. Public Health Nutr, 2021, 24(17): 5805-5814. DOI: 10.1017/S1368980021001592.
- [19] Charakida M, Jones A, Falaschetti E, et al. Childhood obesity and vascular phenotypes: A population study[J]. J Am Coll Cardiol, 2012, 60(25): 2643-2650. DOI: 10.1016/j.jacc.2012.08.1017.
- [20] Elagizi A, Kachur S, Lavie CJ, et al. An overview and update on obesity and the obesity paradox in cardiovascular diseases[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2018, 61(2): 142-150. DOI: 10.1016/j.pcad.2018.07.003.

(收稿日期:2024-06-24)