

不同性别和年龄人群动脉僵硬度及其相关因素的横断面研究

陈建雄^{1,2} 罗向红³ 谢予晨⁴ 沈崔琴⁴ 陈晴晴⁴ 杜联芳⁵ 李朝军^{1,4,5}

¹南京医科大学附属上海一院临床医学院,上海 200080;²福建医科大学附属闽东医院超声科,宁德市 355000;³上海交通大学附属第一人民医院心超室,上海 200080;⁴上海交通大学附属第一人民医院嘉定分院超声科,上海 201803;⁵上海交通大学附属第一人民医院超声科,上海 200080

通信作者:李朝军,Email:lzj_1975@sina.com

【摘要】 目的 探讨血管僵硬度指标动脉波速指数(AVI)在不同年龄、性别间的差异及其影响因素。方法 横断面研究,选取2020年8月至2021年9月在上海市第一人民医院嘉定分院体检者4311例,年龄(57.8±12.8)岁。依据年龄分组为青年组(<45岁)755例、中年组(45~59岁)1260例和老年组(≥60岁)2296例。采用袖带振荡波获取受试者的AVI。AVI≥33定义为高AVI,提示动脉硬化,分为高AVI组122例和正常AVI组4189例。结果 青年组、中年组和老年组AVI分别为(12.8±3.7)、(17.5±5.7)、(19.8±6.5),随增龄AVI呈增加($F_{趋势}=767.819, P<0.01$)。中年女性高AVI的发生率0.9%(5/538)高于同年龄组男性2.8%(20/722),差异有统计学意义($\chi^2=5.371, P<0.05$)。多因素Logistic回归分析结果显示,超重、身高和脉搏>80次/min是高AVI发生率的保护因素[OR(95%CI)0.468(0.317~0.690)、0.926(0.895~0.958)、0.143(1.026~2.432),均 $P<0.01$];老年、收缩压≥140 mmHg和舒张压≥90 mmHg是其危险因素[OR(95%CI)2.119(1.322~3.396)、6.652(4.136~10.699)、1.580(1.026~2.432),均 $P<0.05$]。结论 AVI随增龄而增加,中年女性受试者高AVI的发生率高于男性。年龄、血压增高等因素是发生高AVI的独立危险因素,同时超重和身高因素可能影响AVI测值。

【关键词】 动脉波速指数; 动脉僵硬度; 年龄; 性别

基金项目:上海市自然科学基金(21ZR1451400),上海市科学技术委员会医学引导类科技项目(16411969300),上海市松江区科技攻关项目(18sjkjg53)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2023.06.000

Cross-sectional study of arterial stiffness and its related factors in different gender and age groups

Chen Jianxiong^{1,2}, Luo Xianghong³, Xie Yuchen⁴, Shen Cuiqin⁴, Chen Qingqing⁴, Du Lianfang⁵, Li Zhaojun^{1,4,5}

¹Shanghai General Hospital of Nanjing Medical University, Shanghai 200080, China

²Department of Ultrasound, Mindong Hospital Affiliated to Fujian Medical University, Ningde 355000, Fujian, China; ³Department of Echocardiography, Shanghai General Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200080, China; ⁴Department of Ultrasound, Shanghai General Hospital Jiading Branch, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 201803, China; ⁵Department of Ultrasound, Shanghai General Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200080, China

Corresponding author: Li Zhaojun, Email: lzj_1975@sina.com

【Abstract】 Objective This study aims to investigate gender differences in arterial velocity pulse index(AVI), which is an indicator of vascular stiffness, across various age groups. Additionally, the study will also examine the risk factors associated with AVI. **Methods** This cross-sectional study enrolled 4311 patients with an average age of 57.8±12.8 years old at Jiading Branch of Shanghai First People's Hospital between August 2020 and September 2021. Patients were divided into three groups based on age: young(<45 years old, n=755), middle-aged(45-59 years old, n=1260), and elderly(≥60 years old, n=2296). The AVI of the subject was obtained using the cuff oscillation wave method. The subject's AVI was acquired using the cuff oscillation wave. High AVI, indicating arteriosclerosis, was defined as AVI≥33. The subjects were then divided into two groups: the high

AVI group(122 cases)and the normal AVI group(4189 cases). **Results** The ankle-brachial index (AVI)was found to be(12.8±3.7), (17.5±5.7), and(19.8±6.5) in the young, middle-aged, and elderly groups, respectively. The study revealed that AVI increased with age($F_{trend}=767.819, P<0.01$). Additionally, the incidence of high AVI in middle-aged women was found to be 0.9%(5/538), which was higher than that in men(2.8% or 20/722) in the same age group. This difference was statistically significant($\chi^2=5.371, P<0.05$). The results of the multivariate logistic regression analysis indicate that being overweight, having a higher height, and a pulse rate greater than 80 BPM are protective factors in preventing a high incidence of AVI. The odds ratios(OR)with 95% confidence intervals(CI) for these factors were 0.468(0.317-0.690), 0.926(0.895-0.958), and 0.143(1.026-2.432), respectively, all with a P-value less than 0.01. On the other hand, old age, systolic blood pressure of 140 mmHg or higher, and diastolic blood pressure of 90 mmHg or higher were identified as risk factors for AVI. The ORs with 95% CIs for these factors were 2.119(1.322-3.396), 6.652(4.136-10.699), and 1.580(1.026-2.432), respectively, all with a P-value less than 0.05.

Comorbidities Arterial stiffness, as measured by the ankle-brachial index(ABI), tends to increase with age. In middle-aged subjects, women have a higher incidence of high ABI than men. Independent risk factors for high ABI include age and increased blood pressure, while factors such as overweight and height may affect the measured value of ABI.

【Key words】 Arterial velocity pulse index; Arterial stiffness; Age; Gender

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2023.06.000

动脉僵硬度增加是心脑血管事件的独立危险因素,在不同性别或年龄存在差异。既往研究结果表明,女性绝经前患心血管疾病较男性低,绝经后发病率急剧增加,且与男性无差异^[1]。女性激素水平紊乱、更年期超重及年龄等因素均可导致这种血管僵硬度差异^[2]。我们前期的研究结果显示,血管僵硬度新指标动脉波速指数(AVI)能无创评估中心动脉僵硬度,预警心血管事件,且测量简便易于大人群筛查^[3]。中国动脉粥样硬化性心血管疾病(ASCVD)风险预测模型作为工具能获得 10 年 ASCVD 发病风险,预测成年人未来 10 年内发生 ASCVD 事件的可能性^[4]。AVI 在大样本人群中应用情况、不同性别和年龄人群中的变化及与 10 年 ASCVD 发病风险关系尚不清晰。本研究基于加大样本人群,旨在 AVI 在不同年龄人群中的分布情况,初步探析 AVI 与超重、血压等心血管危险因素的关系,为 AVI 临床应用提供参考。

对象和方法

一、对象

横断面研究,选取 2020 年 8 月至 2021 年 9 月在上海市第一人民医院嘉定分院体检者 4 311 例,年龄(57.8±12.8)岁。依据年龄分组为青年组(<45 岁)755 例、中年组(45~59 岁)1 260 例和老年组(≥60 岁)2 296 例。AVI≥33 定义为高 AVI,提示动脉硬化^[5],分为高 AVI 组 122 例和正常 AVI 组 4 189 例。纳入标准:(1)上臂袖带振荡波分析参数数据完整;(2)年龄 18~80 岁;(3)无认知功能障碍且同意并签署知情同意书者。排除标准:(1)

询问疾病史,排除既往有心脑血管事件及四肢动脉病史;(2)上肢缺如或者不能配合完成脉搏波传导速度检测设备的操作。本研究数据源于上海市申康三年行动计划数据库,经上海市第一人民医院医学伦理委员会批准(2020SQ467),并在中国临床试验注册中心官网注册(ChiCTR2000035937);所有受试者均签署知情同意书,并告知退出方式。

二、方法

1. 一般资料获取:受试者检查前 8 h 内禁止吸烟、饮茶、饮咖啡,服用降糖、降压等药物者照常服用药物。诊室温度 22~25 °C,嘱受试者端坐位、着薄衣,静息 10 min,录入受试者姓名、性别、年龄、身高、体重后,并计算体质指数。受训护士使用便携式动脉波检测仪(PASESA AVE-2000Pro,兆和医疗精密仪器,深圳)获取动脉波速指数(AVI)、收缩压、舒张压和脉搏数据,5 min 后再次测量,取两次测量结果的平均值纳入数据统计。

2. AVI 分析方法:压力袖带置于受试者左上臂,气囊内迅速充气,使袖带压高于肱动脉收缩压 30 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)后,维持 1 min 缓慢泄气,内置压力感应器采集袖带内压力振荡波,获取其一阶时间微分曲线反射压力波(V_r)和前向压力波(V_f),计算二者比值,乘以常数项即得 AVI($AVI=A \times V_r / V_f$,其中, A 为无量纲常数,此处取值为 20)。理论上,AVI 反映了中心动脉的僵硬度,为无量纲指标。

3. 生化指标获取:所有受试者避免剧烈运动 3 d,禁食 8~12 h 后采集空腹血样。采用 DXC800 全自动生化分析仪及配套试剂(美国 Beckman 公

司)检测生化指标,包括总胆固醇、三酰甘油、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、空腹血糖、尿酸和丙氨酸转氨酶。并完成受试者电子问卷,并完成病史采集、体格检查。

4. 相关定义:超重^[6]:以体质指数 ≥ 24 kg/m²。高血压^[7]:收缩压 ≥ 140 mmHg 和(或)舒张压 ≥ 90 mmHg 或使用抗高血压药物或有高血压病史。糖尿病^[8]:糖尿病空腹血糖 ≥ 7.0 mmol/L 和(或)使用降糖药或有糖尿病史。

三、统计学方法

采用 SPSS 23.0 统计软件,行正态性和方差齐性检验。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。两组间比较采用 *t* 检验。3 组间采用单因素方差分析(One-way ANOVA),组间两两比较用 LSD-*q* 检验,趋势检验采用线性回归的方法进行。偏态分布的计量资料以 $M(Q_{25}, Q_{75})$ 表示,两组间比较采用 Wilcoxon 检验。3 组间比较采用 Kruskal-Wallis 检验。计数资料用频数和百分比(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。将连续变量转换为分类变量,行多因素 Logistic 回归分析高 AVI 的独立影响因素。采用 Bland-Altman 分析法对 AVI 行重复性检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、入选者一般临床资料比较

4311 例入选者女性 2 220 例(51.50%),男性 2 091 例(48.50%),年龄 18~80 岁。AVI 随年龄增加而增加($F_{趋势} = 767.819, P < 0.01$)。收缩压和 10 年 ASCVD 风险在 3 组比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。与中青年组比较,老年组受试

者体质指数低(均 $P < 0.01$)。与青年组比较,中老年组受试者的脉搏低(均 $P < 0.01$),中老年组受试者脉搏差异无统计学意义($P > 0.05$)。与中年组比较,青年组和老年组的舒张压低(均 $P < 0.01$),见表 1。

二、不同年龄段男女受试者高 AVI 发生率比较

青年组男女受试者均无高 AVI 者;中年女性高 AVI 的发生率 0.9%(5/538)高于同年龄组男性 2.8%(20/722),差异有统计学意义($\chi^2 = 5.371, P < 0.05$);在老年组高 AVI 的发生率男性 4.0%(49/1198),与女性 4.3%(47/1 098)比较,差异无统计学意义($\chi^2 = 0.052, P > 0.05$)。

三、高 AVI 受试者基线资料及 10 年 ASCVD 风险比较

高 AVI 组的年龄、收缩压、舒张压和 10 年 ASCVD 风险均高于正常 AVI 组,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$);高 AVI 组的身高、体质指数和脉搏均低于正常 AVI 组,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 2。

四、高 AVI 影响因素的多元 Logistic 回归分析

为明确高 AVI 发生率的风险因素,以是否发生 AVI 增高(0=否,1=是)为因变量,以脉搏 > 80 次/min^[9],收缩压 ≥ 140 mmHg,舒张压 ≥ 90 mmHg 作为阈值转换为分类变量,分别以性别、超重、身高、年龄组、血压和脉搏为自变量,行 Logistic 回归分析。结果发现,在整体受试者中,男女性受试者发生高 AVI 的风险无明显差别($P > 0.05$)。无论是在整体受试者还是男女分组中,

表 1 青年组、中年组、老年组受试者一般资料比较

项目	青年组(755 例)	中年组(1260 例)	老年组(2 296 例)	F/H/ χ^2 值	P 值
男[例(%)]	355(47.0)	538(42.7)	1198(52.2) ^{ab}	30.067	<0.01
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	36.1 \pm 6.0	53.1 \pm 4.3 ^a	67.5 \pm 4.8 ^{ab}	12481.422	<0.01
身高($\bar{x} \pm s$, cm)	166.5 \pm 8.5	163.8 \pm 7.4 ^a	163.8 \pm 8.1 ^a	35.141	<0.01
体质指数($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	24.6 \pm 4.4	24.7 \pm 3.4	24.0 \pm 3.4 ^{ab}	18.731	<0.01
收缩压($\bar{x} \pm s$, mmHg)	121.9 \pm 20.3	130.7 \pm 22.0 ^a	137.5 \pm 23.5 ^{ab}	143.783	<0.01
舒张压($\bar{x} \pm s$, mmHg)	79.5 \pm 13.7	82.2 \pm 13.4 ^a	79.0 \pm 13.0 ^b	23.699	<0.01
脉搏($\bar{x} \pm s$, 次/min)	83.5 \pm 12.9	79.3 \pm 12.5 ^a	78.7 \pm 12.5 ^a	42.533	<0.01
高血压[例(%)]	86(11.4)	356(28.3) ^a	1 021(44.4) ^{ab}	302.925	<0.01
糖尿病[例(%)]	46(6.1)	176(14.0) ^a	509(22.2) ^{ab}	115.571	<0.01
10 年 ASCVD[M(Q ₂₅ , Q ₇₅), %]	0.8(0.3, 1.7)	4.7(2.9, 6.7) ^a	11.2(8.2, 16.9) ^{ab}	2612.752	<0.01
动脉波速指数($\bar{x} \pm s$)	12.8 \pm 3.7	17.5 \pm 5.7 ^a	19.8 \pm 6.5 ^{ab}	391.991	<0.01

注:1 mmHg=0.133 kPa;10 年 ASCVD:10 年中国动脉粥样硬化性心血管疾病发病风险;与青年组比较,^a $P < 0.05$;与中年组比较,^b $P < 0.05$

表 2 AVI 正常与增高患者基线资料比较

项目	正常 AVI 组(4189 例)	高 AVI 组(122 例)	F/H/ χ^2 值	P 值
男[例(%)]	2 037(48.6)	54(44.3)	0.904	>0.05
年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)	57.6±12.8	65.9±7.5	1 2481.422	<0.01
身高($\bar{x}\pm s$, cm)	164.4±8.0	161.4±7.5	35.141	<0.01
体质指数($\bar{x}\pm s$, kg/m ²)	24.4±3.6	23.7±3.0	18.731	<0.01
收缩压($\bar{x}\pm s$, mmHg)	132.1±23.0	155.2±20.6	143.783	<0.01
舒张压($\bar{x}\pm s$, mmHg)	79.9±13.4	85.1±11.8	23.699	<0.01
脉搏($\bar{x}\pm s$, 次/min)	80.0±12.6	69.7±10.0	42.533	<0.01
高血压[例(%)]	1400(33.4)	63(51.6)	17.550	<0.01
糖尿病[例(%)]	707(16.9)	24(19.7)	0.657	>0.05
10 年 ASCVD _R [$M(Q_{25}, Q_{75}), \%$]	7.2(3.1, 12.2)	11.1(7.6, 19.0)	-7.533	<0.01

注:1 mmHg=0.133 kPa; AVI: 动脉波速指数, 10 年 ASCVD_R: 10 年中国动脉粥样硬化性心血管疾病发病风险

表 3 高动脉波速指数影响因素的多元 Logistic 回归分析

因素	B 值	χ^2 值	P 值	OR 值(95%CI)
整体受试者				
性别(例)	0.490	3.382	0.066	1.632(0.968~2.751)
年龄≥60 岁(例)	0.751	9.734	<0.01	2.119(1.322~3.396)
超重(kg)	-0.760	14.671	<0.01	0.468(0.317~0.690)
身高(cm)	-0.077	19.897	<0.01	0.926(0.895~0.958)
收缩压≥140 mmHg(例)	1.895	61.076	<0.01	6.652(4.136~10.699)
舒张压≥90 mmHg(例)	0.457	4.318	<0.05	1.580(1.026~2.432)
脉搏>80 次/min(例)	-1.948	47.117	<0.01	0.143(0.082~0.249)
男性				
年龄≥60 岁(例)	1.639	11.265	<0.01	5.149(1.977~13.406)
超重(kg)	-1.079	12.445	<0.01	0.340(0.187~0.619)
身高(cm)	-0.058	6.197	<0.05	0.943(0.901~0.988)
收缩压≥140 mmHg(例)	1.454	17.807	<0.01	4.280(2.178~8.408)
舒张压≥90 mmHg(例)	0.550	2.896	>0.05	1.732(0.920~3.262)
脉搏>80 次/min(例)	-1.625	18.371	<0.01	0.197(0.094~0.414)
女性				
年龄≥60 岁(例)	0.225	0.593	>0.05	1.252(0.706~2.220)
超重(kg)	-0.499	3.425	>0.05	0.607(0.358~1.030)
身高(cm)	-0.098	13.962	<0.01	0.907(0.861~0.955)
收缩压≥140 mmHg(例)	2.255	43.238	<0.01	9.539(4.870~18.683)
舒张压≥90 mmHg(例)	0.429	2.058	>0.05	1.536(0.854~2.763)
脉搏>80 次/min(例)	-2.314	27.854	<0.01	0.099(0.042~0.234)

身高和脉搏>80 次/min 是高 AVI 发生率的保护因素($P<0.01$), 收缩压≥140 mmHg 是其危险因素($P<0.01$)。在整体受试者和男性组中, 超重是高 AVI 的发生率的保护因素, 年龄≥60 岁是其危险因素($P<0.01$), 而在女性组中, 年龄≥60 岁和超重与高 AVI 的发生风险无统计学差异($P>0.05$)。见表 3。

五、重复性检验

随机抽取 110 例受试者, 重复测量动脉僵硬度定量参数 AVI 行重复性检验。重复测量具有较高的一致性($r=0.946, P<0.01$)。Bland-Altman 分析显示 AVI 的两次测量值的差值与平均值呈一

致性的变化趋势($P<0.01$)。

讨 论

动脉波速指数可用于评估动脉硬化, 监测动脉的老化和重构, 预警 10 年 ASCVD 发病风险^[10]。本研究通过一个较大样本人群获得血管僵硬指标 AVI, 结果发现 AVI 随年龄的增加而增加; 在不同年龄组中, 中年女性高 AVI 的发生率高于男性; 高 AVI 10 年 ASCVD 发病风险高于正常 AVI 者; 老年人、高血压是动脉硬化的独立危险因素, 身高、脉搏、超重等因素可能影响 AVI 的测值, 应用中需要注意。

AVI 在高袖带压条件下,一阶时间微分曲线呈双峰曲线的振荡波,前峰为心脏射血动脉顺应性扩张所致,后峰为前锋沿动脉树向外周传播,遇动脉分叉和外周血管阻抗后形成反射波与前向波及肱动脉内的反射波叠加所致^[11]。动脉僵硬度增大时,反射波会增强,使收缩后振荡波增压斜率增加,然后减压斜率急剧下降,二者比值增大。因此,这种差异化波形的振幅之比定义的 AVI 表示反射波的幅度。AVI 增大表明反射波增强,血管僵硬度增大,与动脉硬化密切相关^[3]。越来越多的证据表明,AVI 在预测和评估动脉粥样硬化性疾病方面发挥着重要作用。Zhang 等^[12]报道,AVI 与冠状动脉狭窄的存在独立相关,可用于评估冠心病患者早期动脉硬化的严重性和复杂性。脉搏波速度(PWV)作为动脉僵硬度金标准,由于检测设备门槛高,且存在操作者依赖,不利于社区或家庭推广应用。AVI 作为 PWV 的替代指标,同时 AVI 检测设备轻巧,操作简单且智能化,可在社区或家庭方便获取,将实现动脉硬化监测和预防端口前移^[3]。

动脉硬化和老化进程存在性别差异,绝经后女性动脉僵硬度急剧增加,且女性动脉僵硬度与死亡率的相关性是男性的两倍^[2]。一项基于 80 415 名健康受试者的流行病学研究,通过 PWV 来观察性别与动脉僵硬度变化,发现 58 岁前男性血管僵硬度高于女性,更年期后女性的血管僵硬度增速高于男性^[13]。一项基于 2 195 名社区人群的调查研究结果显示,女性受试者的动脉僵硬度指标 PWV 较男性增长速度快,并在 45 岁左右反超男性^[14]。本研究中,中年女性受试者发生动脉硬化的比率高于男性,而作为中国女性平均绝经年龄为 49.5 岁,女性从中年开始进入自然围绝经期^[15],这一结果与既往研究结果相似^[13-14]。分析原因可能是因为雌激素具有维持体内氧化应激和血铁平衡^[13-16],调节血脂代谢和保护血管内皮功能^[17],调控体内胶原/弹力纤维比例和基质金属蛋白酶活性^[18]。绝经女性随着卵巢功能的逐渐减退,体内雌激素水平显著降低,改变体内微环境,从而加速了动脉硬化。因此,对自然人群的动脉僵硬度的早期筛查、早期干预,尤其是中年进入自然围绝经期的女性应更加注重血管健康。AVI 作为 PWV 的替代指标,测量便捷、耗时大致 2~3 min,有利于在中老年人群中应用^[3]。

肥胖是一种世界性公共卫生性流行病,分为单

纯性肥胖和腹型肥胖。中年肥胖率最高,女性的肥胖率高于男性^[19]。肥胖是动脉硬化的独立危险因素,女性肥胖者患动脉硬化的风险更高^[19]。BMI 是诊断单纯性肥胖的重要指标。关于体质指数和动脉僵硬度之间的相关性尚无一致性的结论。有研究中发现 BMI 与 PWV 呈正相关^[20]。也有一些研究认为体质指数与 PWV 呈负相关^[21]。本研究中,体质指数与动脉僵硬度指标 AVI 呈负相关,同时在男性组内,超重是高动脉僵硬度的保护因素,这一结果与“肥胖悖论”的结果一致^[22]。这可能是因为 AVI 是基于袖带振荡波力学耦合模型进行仿真计数获得的,该模型受上臂软组织厚度分布影响^[3]。较厚的上臂组织可能降低了肱动脉透壁压力和动脉反射波,使得测量获得的 AVI 被低估。本研究结果亦显示,收缩压是 AVI 的独立危险因素,这与既往研究结果一致,提示指标 AVI 可用于评估动脉硬化。因此,临床上可简单便捷获取 AVI 以评估超重人群的动脉硬化的严重程度。

本研究中,身高与 AVI 呈负相关,身高越高 AVI 值越低,且是 AVI 的独立影响因素。Qiu 等^[23]的研究结果同样显示成年人身高与和动脉僵硬度指标 PWV 呈负相关,低身高是早期动脉粥样硬化是独立危险因素。这可能是因为,一方面身体矮小人群的的心脏与血管反射点距离也较正常人缩短,所以反射波被放大,导致 AVI 值被高估^[23];另一方面可能是因为骨髓来源的造血干细胞有助于维持内皮功能。由于骨髓的绝对体积与身高呈正相关,继而循环 CD34+ 细胞增加可提高内皮祖细胞的修复功能,同时增加的网织红细胞水平可以通过减少氧化应激来减轻内皮损伤的程度^[24]。本研究结果表明,脉搏对高 AVI 发生率起保护作用,这可能是由于脉搏波频谱间的相互作用,导致血管黏弹性和应力的频率相关变化^[25]。

本研究的不足之处:心血管无创检测技术与设备测量可能存在 AVI 测量精度不稳定、个体差异等问题,这可能造成本研究存在测量偏倚。本研究对象为年度体检受试者,可能不能反映 AVI 在自然人群中的分布特点;本研究采集 AVI 数据起初试验设计遵循测量两次原则,部分体检者因等待间隔较久而拒绝重复测量,这可能造成本研究存在测量偏倚;同时部分体检者服用了降压、降糖和调脂药物,这些药物可能对结果产生一些影响。本研究为单中心观察性研究,尚需进一步更大样本的队列研究证明此指标;本研究未涉及已确认的血管危险

因素如饮酒、运动及饮食习惯对 AVI 的影响。今后应在大规模自然人群中进行验证。

综上所述,本研究通过较大样本人群获得可以反映中心动脉僵硬指标 AVI,结果显示 AVI 随增龄而增加,中年女性受试者的高 AVI 的发生率高于男性,老年人的 AVI 无性别差异。年龄、血压等因素是发生高 AVI 的独立危险因素,同时超重和身高因素可能影响 AVI 测值。这一结果提示,AVI 可定量评估动脉僵硬,临床中需要重视不同年龄段受试者血管僵硬在性别间的差异,通过早期筛查和干预其影响因素来减少与血管僵硬相关的心血管疾病发生。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 陈建雄:设计与实施实验、数据收集与统计分析、论文撰写;向红、谢予晨、沈崔琴、陈晴晴、杜联芳:实施研究、数据收集;李朝军:研究指导、经费支持、论文修改

参 考 文 献

- [1] Wang Z, Li W, Liu W, et al. Gender is a determinant of carotid artery stiffness independent of age and blood pressure [J]. *Br J Radiol*, 2021, 94 (1119): 20200796. DOI:10.1259/bjr.20200796.
- [2] Dupont JJ, Kenney RM, Patel AR, et al. Sex differences in mechanisms of arterial stiffness [J]. *Br J Pharmacol*, 2019, 176 (21): 4208-4225. DOI: 10.1111/bph.14624.
- [3] Jin L, Tong LY, Shen CQ, et al. Association of arterial stiffness indices with framingham cardiovascular disease risk score [J]. *Rev Cardiovasc Med*, 2022, 23(8), 287. DOI:10.31083/j.rcm2308287 (2022).
- [4] Bie L, Niu J, Wu S, et al. Negative Risk Markers for Cardiovascular Risk Evaluation in Chinese Adults [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 800671. DOI: 10.3389/fcvm.2022.800671.
- [5] Yamanashi H, Koyamatsu J, Nagayoshi M, et al. Screening validity of arterial pressure-volume index and arterial velocity-pulse index for preclinical atherosclerosis in Japanese community-dwelling adults: the Nagasaki islands study [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2018, 25 (9): 792-798. DOI: 10.5551/jat.43125.
- [6] 刘悦,王锐,岳辉,付锦.超重和肥胖与缺血性卒中的关系 [J]. *中华老年医学杂志*, 2022, 41 (9): 1122-1125. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2022.09.021.
- [7] 国家卫生健康委员会疾病预防控制局,国家心血管病中心,中国医学科学院阜外医院,等.中国高血压健康管理规范(2019) [J]. *中华心血管病杂志*, 2020, 48 (1): 10-46. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2020.01.004.
- [8] 中华医学会糖尿病学分会.中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版) [J]. *中华糖尿病杂志*, 2021, 13(04): 315-409. DOI: 10.3760/cma.j.cn115791-20210221-00095.
- [9] 高血压心率管理多学科共识组.中国高血压患者心率管理多学科专家共识(2021 年版) [J]. *中国全科医学*, 2021, 24(20): 2501-2507, 2519. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2021.00.595.
- [10] Zhou J, Wang Y, Feng Y, et al. New indices of arterial stiffness correlate with disease severity and mid-term prognosis in acute decompensated heart failure [J]. *Intern Emerg Med*, 2021, 16 (3): 661-668. DOI: 10.1007/s11739-020-02486-x.
- [11] 许文哲,谢予晨,陈晴晴,沙蕾,杜联芳,李朝军.超重与高动脉僵硬度的相关性研究. *中华老年心脑血管病杂志*, 2022, 24 (03): 269-272. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2022.03.012.
- [12] Zhang Y, Yin P, Xu Z, et al. Non-invasive assessment of early atherosclerosis based on new arterial stiffness indices measured with an upper-arm oscillometric device [J]. *Tohoku J Exp Med*, 2017, 241 (4): 263-270. DOI: 10.1620/tjem.241.263.
- [13] Lu Y, Pechlaner R, Cai J, et al. Trajectories of age-related arterial stiffness in Chinese men and women [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 75 (8): 870-880. DOI: 10.1016/j.jacc.2019.12.039.
- [14] Vermeersch SJ, Rietzschel ER, De Buyzere ML, et al. Age and gender related patterns in carotid-femoral PWV and carotid and femoral stiffness in a large healthy, middle-aged population [J]. *J Hypertens*, 2008, 26 (7): 1411-1419. DOI: 10.1097/HJH.0b013e3282ffac00.
- [15] 谢梅青,陈蓉,任慕兰.绝经管理与绝经激素治疗中国指南(2018) [J]. *中华妇产科杂志*, 2018, 53(11): 729-739. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0529-567x.2018.11.001.
- [16] Sokolis DP. Time-course of axial residual strain remodeling and layer-specific thickening during aging along the human aorta [J]. *J Biomech*, 2020, 112: 110065. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2020.110065.
- [17] Ogola BO, Zimmerman MA, Clark GL, et al. New insights into arterial stiffening: does sex matter? [J]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2018, 315 (5): H1073-h1087. DOI: 10.1152/ajpheart.00132.2018.
- [18] Liu SL, Bajpai A, Hawthorne EA, et al. Cardiovascular protection in females linked to estrogen-dependent inhibition of arterial stiffening and macrophage MMP12 [J]. *JCI Insight*, 2019, 4(1). DOI: 10.1172/jci.insight.122742.
- [19] Hales CM, Fryar CD, Carroll MD, et al. Differences in obesity prevalence by demographic characteristics and urbanization level among adults in the united states, 2013-2016 [J]. *JAMA*, 2018, 319 (23): 2419-2429. DOI: 10.1001/jama.2018.7270.
- [20] G? k? ay Canpolat A, Demir,? ahin M, et al. The missing link between inflammation and arterial stiffness among different metabolic phenotypes [J]. *Int J Clin Pract*, 2021, 75(11): e14727. DOI: 10.1111/ijcp.14727.
- [21] Cobos-Palacios L, Ruiz-Moreno MI, Mu? oz-Ubeda M, et al. A healthy lifestyle is associated with lower arterial stiffness in a metabolically healthy elderly population with overweight or obesity [J]. *J Hypertens*, 2022, 40 (9): 1808-1814. DOI: 10.1097/HJH.0000000000003227.

- [22] 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.
- [23] Qiu Q, Meng X, Li Y, et al. Evaluation of the associations of body height with blood pressure and early-stage atherosclerosis in Chinese adults [J]. *J Clin Hypertens(Greenwich)*, 2020, 22(6): 1018-1024. DOI: 10.1111/jch.13870.
- [24] Shimizu Y, Maeda T. Influence of height on endothelial maintenance activity; a narrative review [J]. *Environ Health Prev Med*, 2021, 26(1): 19. DOI: 10.1186/s12199-021-00941-5.
- [25] Li ZJ, Shen CQ, Chen MM, et al. Shear wave dispersion imaging for measuring carotid elasticity and viscosity [J]. *AUDT*, 2022, 6(1): 14-21. DOI: 10.37015/audt.2021.200071.

(收稿日期: 2023- -)
(本文编辑: 段春波)