

• 论著-研究报告 •

探讨血管僵硬新指标在性别间的差异及其影响因素*

陈建雄¹ 吴秀琴¹ 沙蕾² 童揽月² 沈崔琴² 谢予晨² 李朝军^{2,3}

[摘要] 目的:初步探讨血管僵硬新指标肱动脉压力容积指数(API)在性别间的差异及影响因素。方法:随机选取2020年8月—2021年9月进行年度体检的参与者4311例,依据年龄由低至高五分位数分为≤46岁组(Q1)、47~56岁组(Q2)、57~63岁组(Q3)、64~68岁组(Q4)和≥69岁组(Q5)。获取受试者一般资料后,采用袖带振荡波获取受试者的API。以API≥31定义为高API。比较5组内男女受试者的API和高API发生率的差异。采用多因素logistic回归模型分析高API发生率的影响因素。结果:①5组收缩压、高血压患病率、Framingham风险评分、10年心血管疾病风险和API差异有统计学意义,且随年龄增加而增加($P<0.001$)。②Q1组男性受试者API大于女性,而在Q5组男性受试者API小于女性($P<0.01$)。Q1组的男性发生高API比率高于女性($P<0.05$);Q4组和Q5组女性发生高API比率高于男性($P<0.05$)。③在整体研究对象中,男性、舒张压≥90 mmHg和脉搏是高API发生率的保护因素[OR(95%CI):0.65(0.46~0.84)、0.43(0.17~0.70)、0.98(0.97~0.99), $P<0.01$];年龄、BMI≥24 kg/m²、收缩压≥140 mmHg和空腹血糖≥6.10 mmol/L是其危险因素[OR(95%CI):1.04(1.04~1.05)、1.42(1.23~1.61)、17.01(16.77~17.25)、1.40(1.19~1.61), $P<0.01$]。结论:在不同年龄段,API在男女间存在差异。中青年男性的动脉僵硬更高,而老年女性反高于男性,女性、超重、高血压和高血糖者发生高API的风险更高。

[关键词] 性别;超重;动脉僵硬;动脉压力容积指数;残余应力

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2022.08.013

[中图分类号] R543.5 [文献标志码] A

A study on a new index of vascular stiffness: gender difference and influencing factors

CHEN Jianxiong¹ WU Xiuqin¹ SHA Lei² TONG Lanyue²
SHEN Cuiqin² XIE Yuchen² LI Zhaojun^{2,3}

(¹Department of Ultrasound, Mindong Hospital Affiliated to Fujian Medical University, Ningde, Fujian, 355000, China; ²Department of Ultrasound, Shanghai General Hospital Jiading Branch, Shanghai Jiaotong University School of Medicine; ³Department of Ultrasound, the Shanghai General Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine)

Corresponding author: LI Zhaojun, E-mail: lzj_1975@sina.com

Abstract Objective: To preliminarily discuss the gender differences and influencing factors of the brachial artery pressure-volume index (API), a new index of vascular stiffness. **Methods:** A total of 4,311 healthy subjects were screened for this study from August 2020 to September 2021 who underwent brachial artery pressure measurements during an annual medical checkup and were divided into 5 groups according to the age from low to high quintile(Q1: ≤46 years old group, Q2: 47~56 years old group, Q3: 57~63 years old group, Q4: 64~68 years old group and Q5: ≥69 years old group). After collecting the general information, the API was obtained by using the cuff oscillation wave for every subject. API ≥ 31 was defined as high API. The differences of API and high API incidence between male and female subjects in the five groups were compared. The influencing factors of high API incidence were analyzed by multivariate logistic regression. **Results:** ① The differences in API and systolic blood pressure(SBP), the history of hypertension, the Framingham risk score, and the 10-year cardiovascular disease risk between the 5 groups were statistically significant, and they increased with age($P<0.001$). ② In the

*基金项目:上海市自然科学基金(No:21ZR1451400);上海市松江区科技攻关项目(No:18sjkjgg53)

¹福建医科大学附属闽东医院超声科(福建宁德,355000)

²上海交通大学附属第一人民医院嘉定分院超声科

³上海交通大学附属第一人民医院超声科

通信作者:李朝军,E-mail:lzj_1975@sina.com

Q5 groups, the API of the males was lower than that of females, while the API of male subjects was greater than that of females in the Q1 group ($P < 0.05$). The incidence of high API was higher in males than in females ($P < 0.05$) in the Q1 group, but the incidence of high API was higher in females than in males ($P < 0.05$) in the Q4 and Q5 groups. ③ Logistic regression model indicated that male, diastolic blood pressure ≥ 90 mmHg and pulse were the protective factors for the high incidence of API ($OR(95\%CI)$ 0.65(0.46~0.84), 0.43(0.17~0.70), 0.98(0.97~0.99), $P < 0.05$); Age, BMI ≥ 24 kg/m², SBP ≥ 140 mmHg and fasting blood glucose ≥ 6.10 mmol/L were the risk factors ($OR(95\%CI)$ 1.04(1.04~1.05), 1.42(1.23~1.61), 17.01(16.77~17.25), 1.40(1.19~1.61), $P < 0.01$). **Conclusion:** In different age groups, API differed between males and females. The arterial stiffness of young and middle-aged men is higher, while that of elderly women is higher than that of men. Women, overweight, hypertension and hyperglycemia have a higher risk of high API.

Key words gender; overweight; arterial stiffness; arterial pressure volume index; residual stress

既往研究发现,男性和女性在心脑血管事件的发生、发展、转归中均存在差异,女性动脉僵硬度与死亡率之间的关联高出男性两倍^[1]。动脉僵硬度增加是心脑血管事件的独立危险因素,且在不同性别和不同年龄段也存在差异。动脉压力容积指数(arterial pressure-volume index, API)能够反映动脉僵硬度,是无创评估肌性动脉僵硬度的潜在指标,其检测便捷,可广泛用于社区或大样本人群的血管僵硬度筛查^[2]。API在不同年龄段是否存在性别差异,可能的影响因素尚未见报道。本研究旨在探讨新的动脉僵硬度指数 API 在性别间的差异及其相关影响因素,为肌性动脉僵硬度评估提供临床证据。

1 对象与方法

1.1 对象

选取 2020 年 8 月—2021 年 9 月于上海市第一人民医院嘉定分院进行年度体检的参与者。依据年龄由低至高五分位数分为 ≤ 46 岁组(Q1 组)、47~56 岁组(Q2 组)、57~63 岁组(Q3 组)、64~68 岁组(Q4 组)和 ≥ 69 岁组(Q5 组),并进行分层分析。入选标准: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既往有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。本研究经我院医学伦理委员会批准(2019KY009-4),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。

1.2 仪器与方法

袖带振荡波分析:诊室温度 22~25℃,嘱受试者端坐位、着薄衣,静息 5 min,录入受试者姓名、性别、年龄、身高、体重后,采用便携式动脉波检测仪(PASESA AVE-2000Pro)测量 3 次取平均值,获取 API、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)和脉搏数据。通过袖带振荡波分析获取肱动脉压力-血管容积曲线,以反正切函数拟合: $F(x) = A \arctan(B_x + C) + D$ (A、B、C 和 D 是拟合函数的系数)。API 定义为 $API = X \times \frac{1}{B}$ (X 为常数),即计数零动脉压力时拟

合曲线最大斜率,因而 API 理论上是可用于评估外周动脉僵硬度,监测动脉老化和重构^[2]。

一般资料获取:所有受试者检查当天停用降压药,24 h 内禁止吸烟、饮酒或咖啡,禁食 8~12 h 后采集空腹血样,并完成受试者电子问卷,收集身高、BMI 及病史等一般资料。

Framingham 风险评分(FRS)及 10 年心血管疾病风险(10y CVDR)计算^[3];FRS 评分是根据传统心脑血管疾病风险因素计算获得,包括定量变量:年龄、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇和 SBP,以及二分类变量:性别、高血压药物治疗、吸烟和糖尿病。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 23.0 软件进行统计分析,计量资料以 $\bar{X} \pm S$ 或 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。2 组资料比较采用 t 检验,5 组间计量资料比较采用 One-way ANOVA,组间两两比较用 LSD- q 检验,方差不齐者 5 组间比较采用 Kruskal-Wallis 检验。计数资料以 % 表示,比较采用 χ^2 检验。用逐步后退法多因素 logistic 回归分析($\alpha_{\lambda} = 0.05, \alpha_{\text{世}} = 0.10$),以性别做分组分别分析受试者发生高 API 的比值比(OR)。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

最终入组受试者 4311 例,其中女 2220 例(51.50%),男 2091 例(48.50%);年龄 18~80 岁,年龄(57.79 \pm 12.77)岁。按年龄从低到高五分位分为:Q1 组(≤ 46 岁)859 例,女 457 例,男 402 例,年龄(37.3 \pm 6.4)岁;Q2 组(47~56 岁)786 例,女 445 例,男 341 例,平均(51.8 \pm 2.9)岁;Q3 组(57~63 岁)912 例,女 516 例,男 396 例,年龄(60.2 \pm 2.1)岁;Q4 组(64~68 岁)868 例,女 425 例,男 443 例,年龄(65.9 \pm 1.4)岁;Q5 组(≥ 69 岁)886 例,女 377 例,男 509 例,年龄(72.7 \pm 2.8)岁。5 组间 SBP、高血压患病率、FRS、10y CVDR 和 API 差异有统计学意义,且随着年龄增大而增大($P < 0.001$)。5 组间白蛋白水平比较,差异有统计学意义,且随着年龄增大而减少($P < 0.001$)。见表 1、2。

2.2 5组内男女受试者 API 和高 API 比较

Q1 组和 Q5 组内男女受试者中 API 差异有统计学意义, Q1 组内男性受试者 API 大于女性, Q5 组内男性受试者 API 小于女性 ($P < 0.01$)。为明

确男女性受试者高 API 的发生率, 以 $API \geq 31$ 定义为高 API^[4]。结果发现, 在 Q1 组, 男性发生高 API 比率高于女性 ($P < 0.05$); 在 Q4 组和 Q5 组, 女性发生高 API 比率高于男性 ($P < 0.05$)。见表 3。

表 1 按年龄五分位分组受试者一般资料比较
 Table 1 Baseline and clinical data of five groups by age quintile 例(%), $M(P_{25}, P_{75}), \bar{X} \pm S$

组别	Q1 组(859 例)	Q2 组(786 例)	Q3 组(912 例)	Q4 组(868 例)	Q5 组(886 例)	F/H/ χ^2	P
女/男/例	457/402(959 例)	445/341	516/396	425/443(2)3)	377/509(1)2)3)	49.295	<0.001
年龄/岁	37.26±6.39	51.77±2.87 ¹⁾	60.17±2.07 ¹⁾²⁾	65.91±1.41 ¹⁾²⁾³⁾	72.65±2.79 ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾	12918.203	<0.001
身高/cm	166.25±8.39	163.60±7.37 ¹⁾	163.97±7.61 ¹⁾	164.33±8.22 ¹⁾	163.22±8.03 ¹⁾⁴⁾	19.055	<0.001
BMI/(kg·m ⁻²)	24.67±4.29	24.88±3.44	24.19±3.17 ¹⁾²⁾	24.21±3.61 ²⁾	23.88±3.21 ²⁾⁴⁾	10.882	0.002
SBP/mmHg [△]	122.28±20.55	130.60±21.59 ¹⁾	133.01±22.93 ¹⁾²⁾	136.77±22.75 ¹⁾²⁾³⁾	140.78±23.94 ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾	84.106	<0.001
DBP/mmHg	79.85±13.78	82.22±13.27 ¹⁾	80.72±13.17 ²⁾	79.75±12.94 ²⁾	77.77±13.15 ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾	12.501	<0.001
脉搏/(次·min ⁻¹)	83.24±12.77	79.34±12.67 ¹⁾	78.04±11.81 ²⁾	79.29±12.61 ³⁾	78.85±12.91 ¹⁾	22.496	<0.001
高血压	111(12.92)	197(25.06) ¹⁾	359(39.36) ¹⁾²⁾	366(42.17) ¹⁾²⁾	430(48.53) ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾	319.2	<0.001
糖尿病	64(7.45)	90(11.45)	178(19.52) ¹⁾²⁾	206(23.73) ¹⁾²⁾	193(21.78) ¹⁾²⁾	119.258	<0.001
FRS	2.00(-2.00, 6.00)	10.00(8.00, 12.00) ¹⁾	13.00(12.00, 15.00) ¹⁾²⁾	15.00(14.00, 16.00) ¹⁾²⁾³⁾	16.00(15.00, 19.00) ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾	2935.459	<0.001
10y CVDR/%	0.00(0.00, 1.00)	2.00(1.00, 6.00) ¹⁾	5.00(2.00, 11.00) ¹⁾²⁾	10.0(4.00, 16.00) ¹⁾²⁾³⁾	16.00(10.00, 25.00) ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾	2311.989	<0.001
API	25.66±5.65	27.53±6.25 ¹⁾	29.00±6.69 ¹⁾²⁾	30.92±6.93 ¹⁾²⁾³⁾	33.41±7.69 ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾	173.904	<0.001

[△]1 mmHg=0.133 kPa。与 Q1 组比较, ¹⁾ $P < 0.05$; 与 Q2 组比较, ²⁾ $P < 0.05$; 与 Q3 组比较, ³⁾ $P < 0.05$; 与 Q4 组比较, ⁴⁾ $P < 0.05$ 。

表 2 按年龄五分位分组受试者生化比较

Table 2 Biochemical characteristics of five groups by age quintile $\bar{X} \pm S$

组别	Q1 组(859 例)	Q2 组(786 例)	Q3 组(912 例)	Q4 组(868 例)	Q5 组(886 例)	F	P
血红蛋白/(g·L ⁻¹)	136.06±20.94	134.64±18.92	135.46±16.24	133.70±17.04 ¹⁾	129.53±17.98 ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾	15.853	<0.001
白蛋白/(g·L ⁻¹)	44.48±4.44	43.89±4.65 ¹⁾	43.50±4.27 ¹⁾²⁾	42.76±4.18 ¹⁾²⁾³⁾	41.31±4.68 ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾	64.444	<0.001
丙氨酸氨基转移酶/(U·L ⁻¹)	26.19±28.16	27.85±18.16	27.12±21.33	25.64±12.71 ¹⁾²⁾	25.25±10.33 ³⁾⁴⁾	7.861	<0.001
尿酸/(μ mol·L ⁻¹)	321.08±99.45	312.18±90.75	315.94±87.91	325.49±87.79 ²⁾³⁾	330.44±104.98 ¹⁾²⁾³⁾	4.967	0.001
胆固醇/(mmol·L ⁻¹)	4.43±0.95	4.61±0.96 ¹⁾	4.58±1.08 ¹⁾	4.48±1.03 ²⁾³⁾	4.26±1.07 ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾	16.079	<0.001
甘油三酯/(mmol·L ⁻¹)	1.49±1.17	1.61±1.19 ¹⁾	1.48±0.96 ²⁾	1.50±0.88 ²⁾	1.42±0.85 ²⁾	3.710	0.005
高密度脂蛋白胆固醇/(mmol·L ⁻¹)	1.11±0.29	1.13±0.32	1.15±0.33 ¹⁾	1.12±0.31	1.08±0.32 ²⁾³⁾⁴⁾	5.171	<0.001
低密度脂蛋白胆固醇/(mmol·L ⁻¹)	2.85±0.93	2.93±0.88	2.89±0.99	2.81±0.97 ²⁾	2.64±0.99 ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾	12.013	<0.001
空腹血糖/(mmol·L ⁻¹)	5.41±1.58	5.76±1.59 ¹⁾	6.00±1.93 ¹⁾²⁾	6.01±1.85 ¹⁾²⁾	6.04±1.82 ¹⁾²⁾	20.018	<0.001

与 Q1 组比较, ¹⁾ $P < 0.05$; 与 Q2 组比较, ²⁾ $P < 0.05$; 与 Q3 组比较, ³⁾ $P < 0.05$; 与 Q4 组比较, ⁴⁾ $P < 0.05$ 。

表 3 按年龄分组受试者不同性别 API 和高 API 发生率比较

Table 3 Comparison of the API and the incidence of high API in different genders of subjects by age quintile

例(%), $\bar{X} \pm S$

项目	Q1 组(859 例)		Q2 组(786 例)		Q3 组(912 例)		Q4 组(868 例)		Q5 组(886 例)	
	API	高 API	API	高 API	API	高 API	API	高 API	API	高 API
女性	24.85±5.38	67(14.66)	27.88±6.26	132(29.66)	29.22±6.51	193(37.40)	31.31±7.04	230(54.12)	34.88±7.82	256(67.90)
男性	26.59±5.81	85(21.14)	27.07±6.21	86(25.22)	28.71±6.91	134(33.84)	30.56±6.81	201(45.37)	32.32±7.41	276(54.22)
t/ χ^2	-4.548	6.172	1.811	1.901	1.132	1.237	1.596	6.635	4.934	16.896
P	<0.001	0.015	0.071	0.172	0.258	0.296	0.111	0.011	<0.001	<0.001

2.3 男女受试者高 API 的多因素 logistic 回归分析

为进一步明确性别与高 API 的关系, 以 BMI ≥ 24 kg/m²、SBP ≥ 140 mmHg、DBP ≥ 90 mmHg 和空腹血糖 ≥ 6.10 mmol/L 作为阈值转换为分类

变量, 采用多因素 logistic 回归分析。结果发现, 在整体研究对象中, 男性、DBP ≥ 90 mmHg 和脉搏是高 API 发生率的保护因素 [OR (95% CI): 0.65 (0.46~0.84)、0.43 (0.17~0.70)、0.98 (0.97~0.99), $P < 0.01$]; 年龄、BMI ≥ 24 kg/m²、SBP \geq

140 mmHg 和空腹血糖 ≥ 6.10 mmol/L 是其危险因素 [OR (95% CI): 1.04 (1.04 ~ 1.05)、1.42 (1.23 ~ 1.61)、17.01 (16.77 ~ 17.25)、1.40 (1.19 ~ 1.61), $P < 0.01$]。在男女性组,显示年龄、BMI、SBP、DBP、脉搏和空腹血糖是高 API 的重要影响因素 ($P < 0.05$)。见表 4。

表 4 多因素 logistic 回归模型分析致 API 增高的影响因素

Table 4 Multivariate logistic analysis of influence factors for increased API

因素	β	Wald 值	P 值	OR	95% CI
受试者整体					
男性	-0.44	20.05	0.001	0.65	0.46~0.84
年龄	0.04	95.28	<0.001	1.04	1.04~1.05
BMI ≥ 24 kg/m ²	0.35	12.87	<0.001	1.42	1.23~1.61
SBP ≥ 140 mmHg	2.83	536.93	<0.001	17.01	16.77~17.25
DBP ≥ 90 mmHg	-0.84	37.55	<0.001	0.43	0.17~0.70
脉搏	-0.02	25.56	<0.001	0.98	0.97~0.99
空腹血糖 ≥ 6.10 mmol/L	0.34	9.60	0.002	1.40	1.19~1.61
男性					
年龄	0.04	34.70	0.001	1.04	1.02~1.05
BMI ≥ 24 kg/m ²	0.32	5.56	0.018	1.37	1.11~1.64
SBP ≥ 140 mmHg	2.60	266.05	<0.001	13.38	13.06~13.69
DBP ≥ 90 mmHg	-0.76	19.47	<0.001	0.47	0.14~0.81
脉搏	-0.02	15.64	<0.001	0.98	0.97~0.99
空腹血糖 ≥ 6.10 mmol/L	0.31	4.69	0.030	1.36	1.08~1.63
女性					
年龄	0.05	51.21	<0.001	1.05	1.04~1.06
BMI ≥ 24 kg/m ²	0.31	4.79	0.029	1.36	1.09~1.64
SBP ≥ 140 mmHg	3.11	257.88	<0.001	22.48	22.10~22.86
DBP ≥ 90 mmHg	-1.02	20.32	<0.001	0.36	0.08~0.80
脉搏	-0.02	9.67	0.002	0.98	0.97~0.99
空腹血糖 ≥ 6.10 mmol/L	0.37	4.90	0.027	1.45	1.12~1.78

3 讨论

心血管疾病均是男性和女性的头号死因。动脉僵硬度增高是心血管事件的独立预测因子,存在性别差异^[5]。新近研究表明,性别是心血管疾病事件发生独立的决定因素^[6]。本研究获取了一个较大样本人群的血管僵硬新指标 API,结果发现 API 随年龄的增加而增加。API 和发生高 API 的风险在年龄 > 69 岁者中女性高于男性,在 < 46 岁者中男性高于女性。女性、超重、高血压和高血糖者发生高 API 的风险更高。

动脉硬化和老化进程存在性别差异^[7]。API 是反映肱动脉壁在零透壁压时的残余应力/应变,可用于评估血管僵硬程度,监测动脉老化和重构^[2]。API 的临床有用性在多项临床研究中得到了证实。Sasaki-Nakashima 等^[8]的研究发现 API 与 FRS 评分和 Suita 评分呈显著相关,是心血管病的独立预测指标。既往研究认为男女间血管老化

曲线存在差异,男性的血管僵硬呈线性上升趋势,而女性则呈曲线老化趋势,年轻女性曲线较平坦,老年女性曲线快速上升^[1]。这与本研究发现不同年龄段男女性 API 存在差异的结果一致。既往流行病学研究发现, < 58 岁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^[9]。本研究发现,中青年男性 API 高于中青年女性,而 > 69 岁的老年女性 API 反高于男性。这可能是因为,绝经后女性随着卵巢功能的逐渐减退,体内雌激素水平显著降低,伴随着氧化应激和体内铁积累,致其动脉僵硬度增高的易感性更高^[9]。另外,雌激素具有调节血脂代谢和保护血管内皮功能的作用,女性绝经后体内雌激素水平降低,导致血脂代谢紊乱,血管内皮功能受损,进而加速动脉硬化^[10]。

超重是动脉硬化的独立危险因素,女性超重者发生动脉硬化风险更高^[11]。本研究发现超重者发生高 API 的风险是正常体重者的 1.42 倍,男女性超重者发生高 API 的风险接近。这可能与超重者脂肪组织分泌或表达过多细胞活性因子,如白细胞介素-6 和肿瘤坏死因子- α 等,介导血管内皮细胞的分泌。同时,凝血和纤溶系统平衡紊乱引起血管收缩舒张功能异常,进而导致内皮功能受损,诱导动脉硬化^[12]。

随着收缩血压的升高,动脉僵硬度逐渐增高^[13]。既往研究通过分析臂踝脉搏波传导速度,结果发现高血压是动脉硬化的独立危险因素^[14]。本研究结果发现 SBP 增高是 API 的独立危险因素,这与既往研究一致,提示新指标 API 可用于评估动脉硬化。既往观点认为持续的高收缩血压可通过血管壁机械应力直接作用、机体免疫反应、血管内皮功能障碍、肾素-血管紧张素-醛固酮系统过度激活,继而引起血管重塑。另一方面,随着动脉僵硬度增加,管壁顺应性下降,动脉压力反射能力降低,又进一步导致收缩血压增高^[13]。有趣的是,本研究发现 DBP 增高是高 API 的保护因素,这一结果与 Nilsson 等^[15]研究结果相似,动脉硬化与 DBP 持续下降和 SBP 持续上升有关。可能原因是“外周血压放大”效应,血管弹性好的反射压力波慢,脉搏波频谱叠加于舒张期,因而 DBP 被高估^[2],故 DBP 升高者 API 更低。本研究还发现脉搏对高 API 发生率起保护作用,可能原因是基于脉搏波频谱间的相互作用,从而导致频率相关的血管黏弹性和应力变化^[16]。这与本研究发现血压和脉搏独立影响 API 的结果一致。

高血糖是动脉硬化的危险因素^[17]。本研究发现空腹血糖增高是高 API 的独立危险因素。Wu 等^[18]随机选择了 16 454 例参与者,并使用肱踝脉搏波速度作为评估动脉硬度的指标。结果发现,空

腹血糖受损的参与者动脉僵硬的风险是正常空腹血糖参与者的1.37倍。这一结果与本研究结果一致,即空腹血糖受损受试者的高API风险是正常空腹血糖受试者的1.40倍。血液升高导致动脉僵硬度增加可能是因为高血糖可诱导内皮细胞凋亡,增加细胞间黏附分子E和白细胞介素-6的表达^[19],此外,高水平的空腹血糖可导致更多的胰岛素抵抗,诱导血管平滑肌细胞增殖和迁移,并加速动脉僵硬^[20]。

本研究的不足之处:研究对象为年度体检的参与者,不能完全反映API在自然人群中的分布特点;其次部分体检人群依从性与试验设计存在差异,这可能造成本研究结果存在偏倚;BMI参数未考虑脂肪分布或内脏脂肪情况对API的影响;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API的影响。今后研究将进一步探讨上述因素对API的影响。

综上所述,血管僵硬度的新指标API在不同年龄段的男女间存在差异;中青年男性的动脉僵硬度更高,而老年女性反高于男性,女性、超重、高血压和高血糖者发生高API的风险更高。这一结果提示,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,区别干预。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] DuPont JJ, Kenney RM, Patel AR, et al. Sex differences in mechanisms of arterial stiffness [J]. *Br J Pharmacol*, 2019, 176(21):4208-4225.

[2] 张絮洁, 苟中林, 王天琦, 等. 生物力学建模仿真在无创心血管检测技术与设备研发中的应用[J]. *生物医学工程学杂志*, 2020, 37(6):990-999.

[3] Pelcher I, Puzo C, Tripodis Y, et al. Revised Framingham Stroke Risk Profile: Association with Cognitive Status and MRI-Derived Volumetric Measures [J]. *J Alzheimers Dis*, 2020, 78(4):1393-1408.

[4] 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.

[5] Beale AL, Meyer P, Marwick TH, et al. Sex Differences in Cardiovascular Pathophysiology: Why Women Are Overrepresented in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction [J]. *Circulation*, 2018, 138(2):198-205.

[6] 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.

[7] Safar ME, Regnault V, Lacolley P. Sex Differences in Arterial Stiffening and Central Pulse Pressure: Mechanistic Insights? [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 75(8):881-883.

[8] Sasaki-Nakashima R, Kino T, Chen L, et al. Successful prediction of cardiovascular risk by new non-invasive vascular indexes using suprasystolic cuff oscillometric waveform analysis [J]. *J Cardiol*, 2017, 69(1):30-37.

[9] 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.

[10] 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.

[11] 许文哲, 谢予晨, 陈晴晴, 等. 超重与高动脉僵硬度的相关性研究 [J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2022, 24(3):269-272.

[12] 王耀玲, 戚本玲, 白丽娟, 等. 基于肥胖与肌量划分的人体成分类型与动脉硬化的关系研究 [J]. *临床心血管病杂志*, 2020, 36(10):906-913.

[13] Safar ME, Asmar R, Benetos A, et al. Interaction Between Hypertension and Arterial Stiffness [J]. *Hypertension*, 2018, 72(4):796-805.

[14] 张亚静, 吴寿岭, 李慧英, 等. 血压对不同年龄人群动脉僵硬度的影响 [J]. *中华心血管病杂志*, 2018, 46(1):56-63.

[15] Nilsson PM, Khalili P, Franklin SS. Blood pressure and pulse wave velocity as metrics for evaluating pathologic ageing of the cardiovascular system [J]. *Blood Press*, 2014, 23(1):17-30.

[16] Luo X, Du L, Li Z. Ultrasound assessment of tensile stress in carotid arteries of healthy human subjects with varying age [J]. *BMC Med Imaging*, 2019, 19(1):93.

[17] Katakami N. Mechanism of Development of Atherosclerosis and Cardiovascular Disease in Diabetes Mellitus [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2018, 25(1):27-39.

[18] Wu Y, Yu J, Jin C, et al. Longitudinal fasting blood glucose patterns and arterial stiffness risk in a population without diabetes [J]. *PLoS One*, 2017, 12(11):e0188423.

[19] Liu X, Liu L, Wang R, et al. Early arteriosclerosis and its risk factors in subjects with prediabetes and new-onset diabetes [J]. *Endocr Connect*, 2021, 10(6):599-606.

[20] Gottsäter M, Hindy G, Orho-Melander M, et al. A genetic risk score for fasting plasma glucose is independently associated with arterial stiffness: a Mendelian randomization study [J]. *J Hypertens*, 2018, 36(4):809-814.

(收稿日期:2022-02-15)