

# 超重与高动脉僵硬度的相关性研究

许文哲, 谢予晨, 陈晴晴, 沙蕾, 杜联芳, 李朝军

**摘要:** **目的** 探讨超重与高动脉僵硬度发生率的关系。 **方法** 选取 2020 年 8 月~2020 年 12 月于上海交通大学附属第一人民医院嘉定分院健康体检的自然人群中无心脑血管事件者 2418 例, 根据入选者体质量指数(BMI)分为肥胖组 258 例, 超重组 792 例和对照组 1368 例。收集入选者一般临床资料及动脉波速指数(AVI)等。 **结果** 肥胖组和超重组女性 AVI 及高动脉僵硬度发生率明显高于男性 ( $20.5 \pm 8.0$  vs  $17.0 \pm 5.2$ ,  $19.6 \pm 6.8$  vs  $18.6 \pm 6.1$ ;  $5.4\%$  vs  $0.8\%$ ,  $2.9\%$  vs  $1.6\%$ ,  $P < 0.05$ )。肥胖组和超重组女性 AVI 及高动脉僵硬度发生率明显高于对照组女性 ( $P < 0.05$ )。肥胖组男性 AVI 和高动脉僵硬度发生率明显低于超重组和对照组男性 ( $P < 0.05$ )。超重组 65~79 岁人群高动脉僵硬度发生率低于肥胖组和对照组 ( $1.3\%$  vs  $3.9\%$ ,  $2.8\%$ ,  $P < 0.05$ )。在整体受试者中, 超重是高动脉僵硬度的独立保护因素 ( $P = 0.001$ )。分别在肥胖组、超重组和对照组中, 年龄、收缩压是高动脉僵硬度的独立危险因素, 身高和脉搏是高动脉僵硬度的独立保护因素 ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ )。 **结论** 女性超重和肥胖者的 AVI 和高动脉僵硬度发生率均增高, 男性超重和肥胖者高动脉僵硬度发生率减低。

**关键词:** 人体质量指数; 肥胖症; 高血压; 动脉粥样硬化

## Association between overweight and high arterial stiffness

Xu Wenzhe, Xie Yuchen, Chen Qingqing, Sha Lei, Du Lianfang, Li Zhaojun

(Department of Ultrasonography, Zibo Central Hospital, Zibo 255036, Shandong Province, China)

**Abstract: Objective** To study the association between overweight and incidence of high arterial stiffness. **Methods** A total of 2418 people without cardiovascular and cerebrovascular events who underwent physical examination in Affiliated No. 1 People's Hospital Jiading Branch of Shanghai Jiaotong University from August 2020 to December 2020 were divided into obesity group ( $n = 258$ ), overweight group ( $n = 792$ ) and control group ( $n = 1368$ ) according to their BMI. Their general clinical data and AVI were recorded. **Results** The AVI and incidence of high arterial stiffness were significantly higher in females than in males of obesity and overweight groups ( $20.5 \pm 8.0$  vs  $17.0 \pm 5.2$ ,  $19.6 \pm 6.8$  vs  $18.6 \pm 6.12$ ,  $5.4\%$  vs  $0.8\%$ ,  $2.9\%$  vs  $1.6\%$ ,  $P < 0.05$ ) and in females of obesity and overweight groups than in those of control group ( $P < 0.05$ ). The AVI and incidence of high arterial stiffness were significantly lower in males of obesity group than in males of overweight and control group ( $P < 0.05$ ). The incidence of high arterial stiffness was significantly lower in 65—79 years old people of overweight group than in those of obesity group and control group ( $1.3\%$  vs  $3.9\%$ ,  $2.8\%$ ,  $P < 0.05$ ). Overweight was an independent protective factor for high arterial stiffness in the 2418 people included in this study ( $P = 0.001$ ). Age and SBP were independent risk factors for high arterial stiffness while body height and pulse were independent protective factors for high arterial stiffness in three groups ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ). **Conclusion** The AVI and incidence of high arterial stiffness are high in overweight and obesity females while the incidence of high arterial stiffness is low in overweight and obesity males.

**Key words:** body mass index; obesity; hypertension; atherosclerosis

DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2022.03.012

基金项目: 上海市自然科学基金(21ZR1451400), 上海市松江区科技攻关项目(18SJK10051)

作者单位: 255036 淄博市中心医院超声科(许文哲); 上海交通大学附属第一人民医院嘉定分院超声科(谢予晨, 陈晴晴, 沙蕾); 上海交通大学附属第一人民医院超声科(杜联芳, 李朝军)

通信作者: 李朝军, Email: lzj\_1975@sina.com

动脉僵硬度增高是心脑血管事件的独立预测因素,社区筛查和全生命周期监测意义重大<sup>[1-2]</sup>。动脉波速指数(arterial velocity-pulse index, AVI)是通过血管纵向张力传导及反射波传播速率反映中心动脉僵硬度的新指数,是无创评估动脉弹性的潜在指标,其检测方便,利于社区筛查<sup>[3]</sup>。既往研究表明,AVI $\geq 33$ 即为高动脉僵硬度<sup>[4]</sup>。肥胖与高血压密切相关,是动脉僵硬度增高的危险因素<sup>[5-6]</sup>。在大样本自然人群中肥胖与高动脉僵硬度的关系如何,尚不清楚。本研究旨在探讨肥胖与高动脉僵硬度的关系,为动脉僵硬度筛查提供参考。

### 1 资料与方法

**1.1 研究对象** 选取 2020 年 8 月~2020 年 12 月于上海交通大学附属第一人民医院嘉定分院健康体检的自然人群中无心脑血管事件者 2418 例,其中男性 983 例,女性 1435 例,年龄 13.3~98.4(54.3 $\pm$ 16.6)岁,其中年龄 $\geq 80$ 岁 101 例,65~79 岁 635 例,45~64 岁 944 例, $< 45$ 岁 738 例,根据入选者体质质量指数(BMI)分为肥胖组 258 例,超重组 792 例和对照组 1368 例。入选标准:(1)AVI 参数完整;(2)无心脑、四肢动脉血管病变病史;(3)认知功能良好;(4)自愿签署知情同意书者。排除标准:(1)有心、脑、四肢动脉疾病史;(2)AVI 参数不全。本研究经上海交通大学附属第一人民医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);所有研究对象均签署知情同意书。

#### 1.2 方法

**1.2.1 一般资料收集** 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,完成受试者电子问卷,收集身高、体质量及 BMI 等一般资料。以 BMI 18.5~23.9 kg/m<sup>2</sup> 定义为体质量正常, BMI 24.0~27.9 kg/m<sup>2</sup> 为超重, BMI $\geq 28$  kg/m<sup>2</sup> 定

义为肥胖<sup>[7]</sup>。分别分析 AVI 与年龄、超重和肥胖的关系。

**1.2.2 袖带振荡波分析** 诊室温度 22~25 $^{\circ}\text{C}$ ,嘱受试者端坐位静息 5 min。录入受试者姓名、性别、年龄、身高、体质量后,采用便携式动脉波检测仪(PASESA AVE-2000Pro)获取肱动脉 AVI、收缩压、舒张压和脉搏等数据。AVI $\geq 33$  定义为高动脉僵硬度,本研究高动脉僵硬度 123 例,非高动脉僵硬度 2295 例。

**1.3 统计学方法** 应用 SPSS 13.0 软件,直方图检验数据为正态分布,正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,多组间比较采用方差分析,组内比较采用  $q$  检验,计数资料以百分率表示,采用  $\chi^2$  检验。采用多因素 logistic 回归模型分析 AVI 增高的危险因素,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 2 结果

**2.1 不同年龄段人群一般资料比较** 不同年龄段人群性别、年龄、身高、BMI、收缩压、舒张压、脉搏比较,差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。年龄 $\geq 80$ 岁人群年龄、收缩压明显高于其他年龄段人群,舒张压明显低于其他年龄段人群( $P < 0.05$ )。年龄 $< 45$ 岁人群年龄、BMI 和收缩压最低,身高和脉搏最高,体质量明显低于 45~64 岁人群,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ,表 1)。

**2.2 各组 AVI 及高动脉僵硬度发生率比较** 3 组性别、男性及女性 AVI、高动脉僵硬度发生率比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ )。肥胖组和超重组女性 AVI 及高动脉僵硬度发生率明显高于男性( $P < 0.05$ ,表 2)。

肥胖组和超重组女性 AVI 及高动脉僵硬度发生率明显高于对照组女性( $P < 0.05$ )。肥胖组男性 AVI 和高动脉僵硬度发生率明显低于超重组和对照组男性( $P < 0.05$ ,表 2)。

表 1 不同年龄段人群一般资料比较

项目	年龄 $\geq 80$ 岁 (101 例)	65~79 岁 (635 例)	45~64 岁 (944 例)	年龄 $< 45$ 岁 (738 例)	检验值	P 值
女/男(例数)	45/56	317/318	602/342 <sup>ab</sup>	471/267 <sup>ab</sup>	46.326	0.000
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	85.66 $\pm$ 3.91	70.40 $\pm$ 3.94 <sup>a</sup>	56.32 $\pm$ 5.67 <sup>ab</sup>	33.69 $\pm$ 7.05 <sup>abc</sup>	5967.667	0.000
身高(cm, $\bar{x} \pm s$ )	161.50 $\pm$ 8.30	162.71 $\pm$ 8.15	163.09 $\pm$ 7.29	165.21 $\pm$ 7.85 <sup>abc</sup>	17.266	0.000
体质量(kg, $\bar{x} \pm s$ )	62.19 $\pm$ 9.89	63.70 $\pm$ 11.18	64.25 $\pm$ 10.24	62.93 $\pm$ 13.10 <sup>c</sup>	2.392	0.067
BMI(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	23.84 $\pm$ 3.51	24.00 $\pm$ 3.49	24.10 $\pm$ 3.06	22.93 $\pm$ 3.77 <sup>abc</sup>	18.151	0.000
收缩压(mm Hg, $\bar{x} \pm s$ )	141.84 $\pm$ 27.29	139.38 $\pm$ 20.93 <sup>a</sup>	129.63 $\pm$ 19.46 <sup>ab</sup>	117.17 $\pm$ 17.86 <sup>abc</sup>	168.859	0.000
舒张压(mm Hg, $\bar{x} \pm s$ )	73.99 $\pm$ 14.64	76.84 $\pm$ 12.15 <sup>a</sup>	78.99 $\pm$ 12.03 <sup>a</sup>	75.72 $\pm$ 12.66 <sup>abc</sup>	12.565	0.000
脉搏(次/min, $\bar{x} \pm s$ )	77.21 $\pm$ 14.52	77.82 $\pm$ 12.69	77.60 $\pm$ 12.23	82.75 $\pm$ 13.60 <sup>abc</sup>	26.742	0.000

注:与年龄 $\geq 80$ 岁比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与 65~79 岁比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$ ;与 45~64 岁比较,<sup>c</sup> $P < 0.05$ ;1 mm Hg=0.133 kPa

表 2 各组 AVI 及高动脉僵硬发生率比较

项目	对照组 (1368 例)	超重组 (792 例)	肥胖组 (258 例)	P 值
男/女(例数)	477/891	380/412	126/132 <sup>ab</sup>	0.000
AVI( $\bar{x} \pm s$ )	18.5 $\pm$ 7.6	19.2 $\pm$ 6.5	18.8 $\pm$ 7.0	0.157
男性	19.0 $\pm$ 7.7	18.6 $\pm$ 6.1	17.0 $\pm$ 5.2 <sup>ab</sup>	0.012
女性	18.2 $\pm$ 7.4	19.6 $\pm$ 6.8 <sup>ac</sup>	20.5 $\pm$ 8.0 <sup>ac</sup>	0.014
高动脉僵硬度 <sup>d</sup>	71(5.2)	36(4.5)	16(6.2)	0.297
男性	33(2.4)	13(1.6)	2(0.8) <sup>ab</sup>	0.008
女性	38(2.8)	23(2.9) <sup>ac</sup>	14(5.4) <sup>ac</sup>	0.013

注:与对照组比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与超重组比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$ ;与同组男性比较,<sup>c</sup> $P < 0.05$ ;<sup>d</sup>以例数(%)表示

2.3 各年龄分层高动脉僵硬发生率比较 AVI 随年龄增长而增加,随脉搏增加而减低(图 1~2)。3 组 65~79 岁人群高动脉僵硬发生率比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。超重组 65~79 岁人群高动脉僵硬发生率低于肥胖组和对照组( $P < 0.05$ ),3 组其余年龄段人群高动脉僵硬发生率比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ,表 3)。

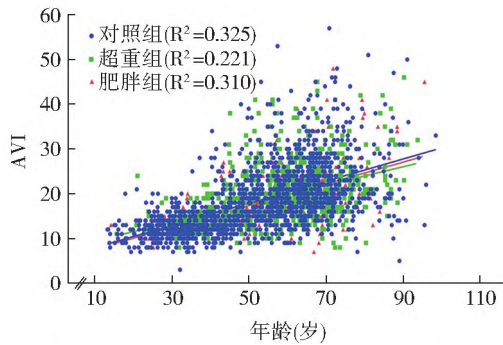


图 1 各组 AVI 随年龄变化散点图及线性回归曲线

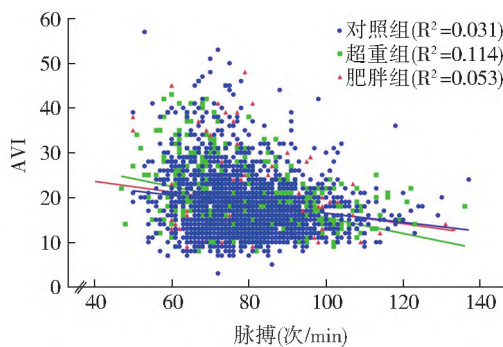


图 2 各组 AVI 随脉搏变化散点图及线性回归曲线

表 3 各组受试者在不同年龄段中高动脉僵硬发生率比较[例数(%)]

组别	对照组 (1368 例)	超重组 (792 例)	肥胖组 (258 例)	$\chi^2$ 值	P 值
$\geq 80$ 岁	9(0.7)	10(1.3)	4(1.6)	2.490	0.288
65~79 岁	38(2.8)	20(2.5)	8(3.1)	3.222	0.071
45~64 岁	23(1.7)	16(2.0)	2(0.8)	1.606	0.448
$< 45$ 岁	1(0.1)	0	0	1.369	0.763

注:与对照组比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与超重组比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$

2.4 高动脉僵硬度的多因素 logistic 回归模型分析

在整体受试者中,超重是高动脉僵硬度的独立保护因素( $P = 0.001$ )。分别在肥胖组、超重组和对照组中,年龄、收缩压是高动脉僵硬度的独立危险因素,身高和脉搏是高动脉僵硬度的独立保护因素( $P < 0.05$ , $P < 0.01$ ,表 4)。

表 4 高动脉僵硬度的多因素 logistic 回归模型分析

危险因素	标准回归系数	OR 值	95%CI	P 值
整体受试者				
肥胖	-0.358	0.699	0.312~1.086	0.355
超重	-0.785	0.456	0.290~0.716	0.001
性别	0.272	1.313	0.724~2.381	0.371
身高	-0.070	0.932	0.898~0.967	0.000
年龄	0.037	1.038	1.028~1.048	0.000
收缩压	0.053	1.054	1.042~1.066	0.000
舒张压	0.017	1.017	0.997~1.037	0.088
脉搏	-0.095	0.910	0.890~0.930	0.000
肥胖组				
性别	-2.240	0.106	1.123~1.335	0.068
身高	-0.034	0.966	0.912~1.020	0.025
年龄	0.141	1.152	1.098~1.206	0.009
收缩压	0.038	1.039	1.022~1.056	0.025
舒张压	-0.004	0.996	0.969~1.023	0.879
脉搏	-0.128	0.880	0.842~0.918	0.001
超重组				
性别	-0.255	0.775	0.296~2.028	0.604
身高	-0.086	0.918	0.866~0.972	0.003
年龄	0.010	1.010	0.990~1.030	0.038
收缩压	0.053	1.055	1.036~1.074	0.000
舒张压	-0.016	0.985	0.954~1.016	0.335
脉搏	-0.132	0.877	0.842~0.912	0.000
对照组				
性别	0.550	1.734	0.788~3.812	0.171
身高	-0.064	0.938	0.891~0.987	0.013
年龄	0.032	1.033	1.020~1.046	0.012
收缩压	0.051	1.052	1.037~1.068	0.000
舒张压	0.034	1.035	1.009~1.062	0.009
脉搏	-0.078	0.925	0.899~0.951	0.000

3 讨论

中心动脉僵硬度增高是心脑血管事件的独立预测因素<sup>[8]</sup>。AVI 是反映中心动脉僵硬度的新指标,并与超重之间存在关联。本研究基于 2418 例受试者数据结果发现,AVI 随年龄增长而增加,随脉搏增加而减低,超重、身高、年龄、收缩压和脉搏是其独立影响因素。分层分析发现,在肥胖组和超重组,女性 AVI 高于男性,且女性高动脉僵硬发生率高于男性,差异有统计学意义。超重组男性 AVI 与对照组比较,无统计学差异,而肥胖组男性高动脉僵硬发生率明显低于对照组。超重者发生高动脉僵硬

的风险是正常体质量者的 0.785 倍。本研究结果提示, AVI 可以定量评估动脉僵硬度, 肥胖可能影响 AVI 测值。

依据肥胖积聚部位可将肥胖分为均匀性肥胖和腹型肥胖, 其中体质量指数是定义均匀性肥胖的指标。研究发现, 单纯性肥胖和腹型肥胖均是动脉硬化的独立危险因素<sup>[9]</sup>。本研究发现, 肥胖组男性高动脉僵硬度发生率低于对照组, 而肥胖组和超重组女性高动脉僵硬度发生率明显高于对照组, 且增高的 AVI 与肥胖独立相关。这一方面可能是因为肥胖对血管的影响存在性别差异<sup>[10]</sup>。另一方面可能是因为, 肥胖者血清游离脂肪酸增加, 内皮细胞功能障碍, 一氧化氮合成酶活性受抑制, 血管舒张功能减低等因素, 致动脉僵硬度增加。另外, 肥胖者循环中多种细胞因子或生物标志物改变, 如细胞 NF- $\kappa$ B 和 TNF- $\alpha$  增高、网膜蛋白 1、瘦素降低、胰岛素抵抗和肾上腺素反应增加等均可致动脉僵硬度增加。超重、肥胖作为动脉硬化的独立预测因素, 也是动脉老化的重要和可改变的决定因素<sup>[11]</sup>。因此, 对自然人群中肥胖者动脉僵硬度的早期筛查、早期干预, 利于血管健康。AVI 作为动脉僵硬度金标准“脉搏波传导速度”的替代指标, 监测简便利于社区推广<sup>[12]</sup>。对动脉硬化而言, 年龄和肥胖具有协同效应。本研究发现, AVI 随年龄增长而增加。随着年龄增长, 动脉壁弹性蛋白和胶原蛋白比例和结构改变, 血管弹性下降, 僵硬度增加<sup>[13-14]</sup>。本研究还发现, 脉搏和身高是高动脉僵硬度的独立保护因素, 可能是因为脉搏和身高通过影响心脏与血管反射点间的反射时间, 进而影响 AVI。

本研究的不足: 本研究未纳入心脑血管其他危险因素, 如生化指标、吸烟、饮酒史等因素对 AVI 的影响, 以期后续结果进行阐述。BMI 参数未考虑脂肪分布或内脏脂肪情况, 今后可以结合 AVI 与脂肪分布情况及体脂肪率和体脂肪量进行研究。

综上所述, 女性肥胖和超重者的 AVI 增高, 男性肥胖和超重者发生高动脉僵硬度的比例低。控制性别、身高、年龄、收缩压等因素后, 超重是高动脉僵硬度的独立保护因素, 提示 AVI 可定量评估动脉僵硬度, 肥胖可能影响 AVI 测值。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] Dugani S, Gaziano TA. 25 by 25: achieving global reduction in cardiovascular mortality[J]. *Curr Cardiol Rep*, 2016, 18(1): 10. DOI:10.1007/s11886-015-0679-4.
- [2] 李晴晴, 洪华山. 早发血管衰老的临床研究进展[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2019, 21(6): 654-657. DOI:10.3969/j.issn.1009-0126.2019.06.026.
- [3] Okamoto M, Nakamura F, Musha T, et al. Association between novel arterial stiffness indices and risk factors of cardiovascular disease[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2016, 16(1): 211. DOI:10.1186/s12872-016-0389-x.
- [4] Wan J, Liu S, Yang Y, et al. Roles of arterial pressure volume index and arterial velocity pulse index trajectories in risk prediction in hypertensive patients with heart failure with preserved ejection fraction[J]. *Clin Exp Hypertens*, 2020, 42(5): 469-478. DOI:10.1080/10641963.2019.1705319.
- [5] Smith U. Abdominal obesity: a marker of ectopic fat accumulation[J]. *J Clin Invest*, 2015, 125(5): 1790-1792. DOI:10.1172/JCI81507.
- [6] 李兴超, 王友芳, 李中魁, 等. 收缩压和舒张压比值与老年肥胖合并高血压患者动脉硬化程度的相关性分析[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2021, 23(8): 788-791. DOI:10.3969/j.issn.1009-0126.2021.08.002.
- [7] Tang B, Luo F, Zhao J, et al. Relationship between body mass index and arterial stiffness in a health assessment Chinese population[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(3): e18793. DOI:10.1097/MD.00000000000018793.
- [8] Tazawa Y, Mori N, Ogawa Y, et al. Arterial stiffness measured with the cuff oscillometric method is predictive of exercise capacity in patients with cardiac diseases[J]. *Tohoku J Exp Med*, 2016, 239(2): 127-134. DOI:10.1620/tjem.239.127.
- [9] Heleniak Z, Illersperger S, Brakemeier S, et al. Obesity, fat tissue parameters, and arterial stiffness in renal transplant recipients[J]. *Transplant Proc*, 2020, 52(8): 2341-2346. DOI:10.1016/j.transproceed.2020.01.118.
- [10] Costa-Hong VA, Muela HCS, Macedo TA, et al. Gender differences of aortic wave reflection and influence of menopause on central blood pressure in patients with arterial hypertension[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2018, 18(1): 123. DOI:10.1186/s12872-018-0855-8.
- [11] Iannarelli NJ, MacNeil AJ, Dempster KS, et al. Serum MMP-3 and its association with central arterial stiffness among young adults is moderated by smoking and BMI[J]. *Physiol Rep*, 2021, 9(11): e14920. DOI:10.14814/phy2.14920.
- [12] Yang TH, Kim JU, Kim YM, et al. A new blood pulsation simulator platform incorporating cardiovascular physiology for evaluating radial pulse waveform[J]. *J Healthc Eng*, 2019, 2019: 4938063. DOI:10.1155/2019/4938063.
- [13] Chirinos JA, Segers P, Hughes T, et al. Large-artery stiffness in health and disease: JACC state-of-the-art review[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 74(9): 1237-1263. DOI:10.1016/j.jacc.2019.07.012.
- [14] Namba T, Masaki N, Takase B, et al. Arterial stiffness assessed by cardio-ankle vascular index[J]. *Int J Mol Sci*, 2019, 20(15): 3664. DOI:10.3390/ijms20153664.

(收稿日期: 2021-11-12)

(本文编辑: 纪艳明)