

BMI 轨迹与肱踝脉搏波传导速度的关联

王来明¹, 于俊杏^{2,3}, 王燕¹, 邵会敏¹, 刘志亮¹, 任爱丽¹, 杨春香¹, 朱峰¹, 吴寿岭³

(1.开滦总医院赵各庄医院,河北省唐山市 063100;2.华北理工大学研究生院,
河北省唐山市 063000;3.开滦总医院,河北省唐山市 063000)

[关键词] 体质指数; 动脉硬化; 肱踝脉搏波传导速度

[摘要] 目的 探讨体质指数(BMI)与动脉硬化的关联。方法 对 6143 例完成 2006-2007、2008-2009、2010-2011 年体检并且完成 2010-2011 年肱踝脉搏波传导速度(BaPWV)检测的观察对象进行分析,平均年龄为 49.68 岁。其中,男性 4230 例(68.9%);依据 BMI 轨迹将总人群分为四组:低稳定组、中低稳定组、中高稳定组和高稳定组。对 BMI 轨迹与动脉硬化进行 χ^2 检验以及多因素 Logistic 回归分析,观察 BMI 轨迹对动脉硬化的影响。结果 随着 BMI 轨迹的增高,动脉硬化的检出率逐渐增加,各 BMI 轨迹组动脉硬化的检出率分别为 52.4%、63.3%、67.9%、70.1%;在多因素 Logistic 回归分析中校正了年龄、性别等各种混杂因素后,与低稳定组相比,其余三组踝臂指数(ABI)<0.9 的 OR 值(95%CI)分别为 1.34(1.08~1.66)、1.57(1.16~2.13)、1.77(1.13~2.79)。结论 高的 BMI 轨迹是动脉硬化前期的危险因素且独立于其他引起靶器官损害的危险因素。

[中图分类号] R18

[文献标识码] A

The association between BMI trajectories and brachial-ankle pulse wave velocity

WANG Lai-Ming¹, YU Jun-Xing^{2,3}, WANG Yan¹, SHAO Hui-Min¹, LIU Zhi-Liang¹, REN Ai-Li¹, YANG Chun-Xiang¹, ZHU Feng¹, WU Shou-Ling³

(1. Zhao Ge Zhuang Hospital of Kailuan General Hospital, Tangshan, Hebei 063100; 2. Graduate School of North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei 063000; 3. Kailuan General Hospital, Tangshan, Hebei 063000)

[KEY WORDS] Body mass index; Arteriosclerosis; Brachial-ankle pulse wave velocity

[ABSTRACT] Aim To investigate the relationship between body mass index (BMI) and arterial stiffness.

Methods 6143 cases with 2006-2007, 2008-2009, 2010-2011 body examination and brachial-ankle pulse wave velocity (BaPWV) of 2010-2011 were analyzed. The average age was 49.68 years old. Among them, 4230 cases (68.9%) were male. All of them were divided into four groups according to the BMI locus, the BMI locus and arteriosclerosis were tested by χ^2 and the multiple factors logistic regression analysis was conducted to observe the effect of BMI locus on arteriosclerosis.

Results With the increase of BMI trajectory, arteriosclerosis detection rate increased gradually, the trajectory of arteriosclerosis detection rates were 52.4%, 63.3%, 67.9%, 70.1%; in a multivariate logistic regression analysis adjusted for age, gender and other confounding factors, compared with the low stable group, the other three groups (ABI<0.9 value of OR 95%CI) were 1.34(1.08~1.66), 1.57(1.16~2.13), 1.77(1.13~2.79).

Conclusion High BMI locus is a risk factor for atherosclerosis and is independent of other risk factors for target organ damage.

研究显示动脉硬化不仅与年龄相关,而且与其他心血管危险因素如高血压、糖耐量受损、肥胖等密切相关^[1-4]。研究^[5-7]表明在中年和老年人中一般性肥胖的指标体质指数(body mass index, BMI)与动脉硬化呈正相关;与此相反,一些研究^[8-10]发现在儿童和青壮年中 BMI 与动脉硬化呈负相关。然而,

也有一些研究^[11]表明在校正了其他心血管危险因素后, BMI 与动脉硬化并不相关。研究结果的不同可能是由于以往的研究大多采用单次测量的 BMI 值,而 BMI 易受多种因素的影响,单次测量的 BMI 值不足以代表个体长时间内的水平,而动脉硬化的发展可能需要数年或数十年的时间。轨迹模型是

[收稿日期] 2017-02-03

[修回日期] 2017-05-27

[作者简介] 王来明,硕士,副主任医师,研究方向为职业病防治,E-mail 为 wlmzfwj7840@sina.com。通讯作者吴寿龄,博士,主任医师,教授,硕士研究生导师,研究方向为心血管疾病,E-mail 为 Drwusl@163.com。

基于多次测量的数据来确定观察人群个人轨迹的模型^[12-13],可以用来观察危险因素的动态变化对机体的影响。以往的研究表明在人群中存在两种不同的 BMI 轨迹^[12-13]:一种为稳定 BMI 轨迹:在随访期间内 BMI 稳定增长或下降^[12];另一种为 BMI 上升轨迹:在随访期间内, BMI 快速增长到更高的水平^[13]。Reinders 等^[12]人研究表明在老年人群中 BMI 轨迹与步行速度存在关联; Song 等^[13]研究发现 BMI 轨迹与癌症存在关联。开滦研究是以社区人群为基础的队列研究(注册号: ChiCTR - TNC - 11001489),除了每两年一次包括 BMI 值在内的全面心血管危险因素评估外,部分研究人群测量了肱踝脉搏波传导速度(brachial-ankle pulse wave velocity, BaPWV),为我们研究 BMI 轨迹与动脉硬化的关系提供了机会。

1 资料和方法

1.1 观察对象

参加 2010-2011 年 BaPWV 检测并且参加了 2006-2007、2008-2009、2010-2011 年健康体检者共计 7546 例,排除三次体检中恶性肿瘤病史者 42 例,任意一次 BMI 值缺失者 1361 例,最终纳入统计分析的共计 6143 例。

1.2 入选标准和排除标准

入选标准:参加 2010-2011 年 BaPWV 检测并且参加了 2006-2007、2008-2009、2010-2011 年健康体检者^[14-16];三次健康体检 BMI 值完整者;同意参加本研究并签署知情同意书者。排除标准:不同意参加本研究者;三次健康体检任意一次 BMI 值缺失者;排除三次体检中恶性肿瘤病史者。本研究遵照赫尔辛基宣言,并通过开滦总医院伦理委员会批准。

1.3 资料收集

流行病学调查内容、人体测量学指标、生化指标检测见本课题组已发表的文献^[17]。BaPWV 的测定:采用欧姆龙健康医疗(中国)有限公司生产的 BP-203RPEIU 网络动脉硬化检测装置,采集肱踝动脉脉搏波传导速度数值,通过网络连接,直接读取数据。参考美国心脏病学会医学/科学报告(1993 年)的判断标准, BaPWV < 1400 cm/s 为动脉硬化正常; BaPWV ≥ 1400 cm/s 为动脉硬化。每位受试者重复测量两次,取第二次数据为最后结果。本研究取左、右两侧 BaPWV 中的较大值进行分析。身高、体重采用经校正的 RGZ-120 型体质量秤,受试者脱鞋、脱帽、穿轻便单衣,身高精确到 0.1 cm,体重精确

到 0.1 kg。吸烟定义为近一年平均每天至少吸一支烟;饮酒定义为近一年平均每日饮白酒(酒精含量 50%以上)100 mL,持续至少一年以上;体育锻炼定义为每周锻炼 ≥ 3 次,每次持续时间至少 30 min。

1.4 统计学分析

健康体检数据均由各医院经统一培训的专人录入,通过网络上传至开滦总医院计算机室服务器,形成 Oracle10.2 数据库, BaPWV 数据通过网络连接,直接读取数据。采用 SPSS13.0 统计软件进行分析。轨迹模型通过 SAS 的 Proc Traj. 程序完成,由于 BMI 为连续变量,采用 CNORM 模式,首先确定轨迹的组数,再进一步确定每组轨迹的多项式阶。我们应用贝叶斯信息准则(BIC)及分组后的平均概率(AvePP)来选择最佳轨迹模型和评估轨迹的拟合程度,最终我们得出 4 组轨迹,分别以 1、1、2、2 为多项式阶的轨迹模型为最佳模型。正态分布的计量资料(包括非正态分布的计量资料经对数转换成正态分布后)以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组间比较采用单因素方差分析,方差齐采用 LSD 检验,方差不齐则采用 Dunnett's T3 检验,进行均数间的两两比较;计数资料用例(%)表示,组间比较用 χ^2 检验;采用 Logistic 回归模型分析不同 BMI 轨迹对 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的风险比,以性别、年龄和 BMI 轨迹的乘积代入方程,以判断是否存在交互作用,如存在交互作用则分层分析 BMI 轨迹对 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的风险比。采用敏感性分析分别分析排除服用降压、降脂药物者、心脑血管病史者和吸烟者后 BMI 轨迹对 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的风险比(odds ratios, OR)和 95% 可信区间(CI),以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义(双侧检验)。

2 结果

2.1 观察对象的一般情况

在 6143 例观察对象中,平均年龄为 49.68 ± 11.20 岁。其中,男性 4230 例(68.9%),女性 1913 例(31.1%)。按不同的轨迹将研究人群分为 4 组(图 1):低稳定组: BMI 在低水平内保持稳定增长(BMI: 20.87 ~ 21.07 kg/m², 占 19.0%);中低稳定组: BMI 在中低水平保持稳定增长(BMI: 23.97 ~ 24.06 kg/m², 占 40.4%);中高稳定组: BMI 在中高水平保持稳定增长(BMI: 27.06 ~ 26.97 kg/m², 占 28.8%);高稳定组: BMI 在高水平保持稳定增长(BMI: 30.36 ~ 30.17 kg/m², 占 11.8%)。各轨迹组间观察对象的年龄、收缩压、舒张压、平均动脉压(MAP)、心率、空腹血

糖(FBG)、BMI、总胆固醇(TC)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDLC)及性别、吸烟、饮酒、体育锻炼、高血压、糖尿病、服用降压药、降脂药的比例差异均具有统计学意义($P<0.05$;表1)。

表 1. 不同 BMI 轨迹分组人群一般情况的比较

Table 1. Comparison of general situation of grouped population with different BMI trajectories

变 量	低稳定组 (<i>n</i> = 1167)	中低稳定组 (<i>n</i> = 2482)	中高稳定组 (<i>n</i> = 1769)	高稳定组 (<i>n</i> = 725)	总计 (<i>n</i> = 6143)	<i>P</i>
年龄(岁)	49.08±12.52	50.12±11.02 ^a	49.68±10.74 ^{ab}	49.16±10.70 ^{abc}	49.68±11.20	<0.001
男性[例(%)]	687(58.9)	1547(66.7) ^a	1513(75.9) ^{ab}	483(72.9) ^{abc}	4230(68.9)	<0.001
收缩压(mmHg)	121.08±19.09	126.98±19.46 ^a	131.55±19.23 ^{ab}	135.92±18.03 ^{abc}	128.31±19.68	<0.001
舒张压(mmHg)	77.92±10.48	81.19±11.10 ^a	84.64±11.31 ^{ab}	87.59±10.76 ^{abc}	82.38±11.41	<0.001
MAP(mmHg)	92.30±12.55	96.45±13.08 ^a	98.15±12.19 ^{ab}	102.64±13.60 ^{abc}	93.90±12.48	<0.001
心率(次/分)	73.36±10.75	73.44±10.41 ^a	73.45±10.00 ^{ab}	74.16±9.76 ^{abc}	73.50±10.28	<0.001
FBG(mmol/L)	5.10±1.01	5.46±1.59 ^a	5.54±1.59 ^{ab}	5.63±1.66 ^{abc}	5.43±1.52	<0.001
2006 年 BMI(kg/m ²)	20.87±1.41	23.97±1.46 ^a	27.06±1.50 ^{ab}	30.36±1.67 ^{abc}	25.07±3.56	<0.001
2008 年 BMI(kg/m ²)	20.82±1.34	23.87±1.40 ^a	26.82±1.47 ^{ab}	30.22±1.76 ^{abc}	24.93±3.15	<0.001
2010 年 BMI(kg/m ²)	21.07±1.44	24.06±1.41 ^a	26.97±1.53 ^{ab}	30.17±1.79 ^{abc}	25.09±3.11	<0.001
TC(mmol/L)	4.86±1.04	4.92±1.2	4.97±1.24 ^a	4.94±1.14 ^a	4.93±1.18	<0.001
HDL C(mmol/L)	1.63±0.38	1.55±0.38 ^a	1.51±0.37 ^{ab}	1.47±0.38 ^{abc}	1.54±0.47	<0.001
LDLC(mmol/L)	2.22±0.76	2.35±0.77 ^a	2.43±0.76 ^{ab}	2.48±0.78 ^{abc}	2.35±0.76	<0.001
高血压[例(%)]	152(13.0)	465(20.0) ^a	525(26.3) ^{ab}	208(31.4) ^{abc}	1350(22.0)	<0.001
糖尿病[例(%)]	83(7.1)	206(8.9) ^a	216(10.8) ^{ab}	69(10.4) ^{abc}	574(9.3)	<0.001
服用降压药[例(%)]	60(39.4)	226(48.6) ^a	272(51.8) ^{ab}	124(59.6) ^{abc}	682(50.5)	<0.001
服用降脂药[例(%)]	4(10.0)	25(16.7) ^a	28(16.4) ^{ab}	12(12.6) ^{abc}	69(15.2)	<0.001
体育锻炼[例(%)]	149(12.8)	338(15.2) ^a	180(12.8) ^{ab}	45(14.9) ^{abc}	712(11.5)	<0.001
目前吸烟[例(%)]	332(19.5)	755(27.3) ^a	361(25.7) ^{ab}	96(31.8) ^{abc}	1544(25.0)	<0.001
目前饮酒[例(%)]	303(17.8)	618(22.4) ^a	371(26.4) ^{ab}	69(22.8) ^{abc}	1361(22.1)	<0.001

a 为 $P<0.05$,与低稳定组比较;b 为 $P<0.05$,与中低稳定组比较;c 为 $P<0.05$,与中高稳定组比较。

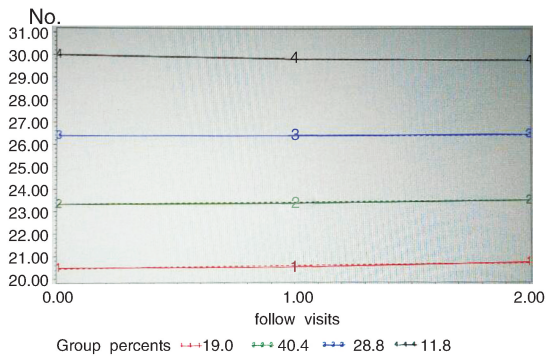


图 1. 2006-2012 年 BMI 轨迹
Figure 1. 2006-2012 BMI trajectory

2.2 不同 BMI 轨迹组间 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的检出率

不同 BMI 轨迹组间 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的检出率分别为 52.4%、63.3%、67.9%、70.1%;男性中不同 BMI 轨迹组间 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的检出率分别为 65.4%、69.1%、69.9%、70.1%;女性中不同 BMI 轨迹组间 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的检出率分别为

34.7%、46.7%、62.1%、70.2%;青壮年中不同 BMI 轨迹组间 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的检出率分别为 31.8%、46.0%、53.7%、59.3%;中老年中不同 BMI 轨迹组间 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的检出率分别为 70.3%、74.9%、77.9%、77.8%(表 2)。

2.3 影响 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的多因素 Logistic 回归分析

以 BaPWV ≥ 1400 cm/s 为应变量,不同 BMI 轨迹组为自变量,以低稳定组为对照,在校正了性别、年龄、MAP 等混杂因素后,全人群中不同 BMI 轨迹组 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的 OR 值(95% CI)分别为 1.34(1.08~1.66)、1.57(1.16~2.13)、1.77(1.13~2.79)。男性中不同 BMI 轨迹组 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的 OR 值(95% CI)分别为 1.04(0.1~1.34)、1.06(0.74~1.52)、1.03(0.60~1.76);女性中不同 BMI 轨迹组 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的 OR 值(95% CI)分别为 1.39(0.92~2.10)、2.14(1.19~3.85)、2.27(1.13~5.37);青壮年中不同 BMI 轨迹组 BaPWV ≥ 1400 cm/s 的 OR 值(95% CI)分别为:

1.26(0.92~1.72)、1.09(0.69~1.72)、0.89(0.45~1.74);中老年中不同 BMI 轨迹组 BaPWV \geq 1400 cm/s 的 OR 值(95%CI)分别为 1.48(1.09~2.01)、2.03(1.30~3.17)、2.38(1.22~4.62);分别去除服用降压及降脂药、心血管疾病和吸烟的人群后

做敏感性分析,在校正了性别、年龄、MAP 等混杂因素后,高稳定组发生 BaPWV \geq 1400 cm/s 的 OR 值(95%CI)分别为:1.72(0.61~4.88)、1.42(0.53~4.05)、1.48(0.60~3.64)、1.40(0.57~3.46)(表 3)。

表 2. 不同 BMI 轨迹组间的 BaPWV 情况

Table 2. BaPWV status between different trajectory groups

变 量	低稳定组 (n=1167)	中低稳定组 (n=2482)	中高稳定组 (n=1769)	高稳定组 (n=725)	总计 (n=6143)	P
总人群 BaPWV 均值(cm/s)	1520.52±402.93	1584.57±308.11	1588.21±399.72	1597.08±352.31	1577.84±377.41	<0.001
总人群 BaPWV \geq 1400 cm/s[例(%)]	611(52.4)	1468(63.3)	1354(67.9)	465(70.1)	3898(63.5)	<0.001
男性 BaPWV 均值(cm/s)	1579.17±294.40	1606.62±400.901	1609.11±351.70	1627.32±388.73	1612.52±370.27	<0.001
男性 BaPWV \geq 1400 cm/s[例(%)]	498(65.4)	1113(69.1)	996(69.9)	305(70.1)	2912(68.8)	<0.001
女性 BaPWV 均值(cm/s)	1408.01±413.02	1474.78±382.02	1558.89±356.60	1604.60±343.06	1501.15±381.81	<0.001
女性 BaPWV \geq 1400 cm/s[例(%)]	123(34.7)	371(46.7)	341(62.1)	151(70.2)	986(51.5)	<0.001
青壮年 BaPWV 均值(cm/s)	1342.68±287.61	1424.24±281.90	1473.75±287.21	1479.33±252.05	1428.76±286.06	<0.001
青壮年 BaPWV \geq 1400 cm/s[例(%)]	173(31.8)	426(46.0)	443(53.7)	163(59.3)	1205(59.3)	<0.001
中老年 BaPWV 均值(cm/s)	1659.16±322.86	1675.80±424.64	1684.12±367.81	1697.40±428.06	1685.13±398.28	<0.001
中老年 BaPWV \geq 1400 cm/s[例(%)]	438(70.3)	1042(74.9)	911(77.9)	302(77.8)	2693(75.4)	<0.001

表 3. 影响 BaPWV 的 Logistic 回归模型分析

Table 3. Logistic regression model analysis of BaPWV

模型	OR(95%CI)				BMI ₂₀₀₆	P 值
	低稳定组	低中稳定组	高中稳定组	高稳定组		
模型一	1	1.57(1.36~1.81)	1.92(1.66~2.23)	2.13(1.76~2.61)		<0.001
模型二	1	1.43(1.22~1.68)	1.73(1.46~2.05)	2.06(1.65~2.57)		<0.001
模型三	1	1.39(1.16~1.65)	1.69(1.41~2.03)	1.99(1.56~2.53)		<0.001
模型四	1	1.34(1.08~1.66)	1.57(1.16~2.13)	1.77(1.13~2.79)	1.01(0.97~1.05)	<0.001
性别×各组<0.001						
男性						
模型一	1	1.18(0.98~1.42)	1.22(1.01~1.48)	1.24(0.96~1.59)		<0.001
模型二	1	1.21(1.01~1.47)	1.35(1.11~1.65)	1.51(1.15~1.97)		<0.001
模型三	1	1.08(0.88~1.33)	1.15(0.93~1.43)	1.16(0.86~1.56)		<0.001
模型四	1	1.04(0.81~1.34)	1.06(0.74~1.52)	1.03(0.60~1.76)	1.01(0.9~1.06)	<0.001
女性						
模型一	1	1.64(1.26~2.13)	3.07(2.33~4.06)	4.43(3.07~6.38)		<0.001
模型二	1	1.49(1.06~2.09)	2.54(1.78~3.63)	3.08(1.95~4.86)		<0.001
模型三	1	1.43(1.01~2.02)	2.26(1.56~3.28)	2.49(1.56~3.97)		<0.001
模型四	1	1.39(0.92~2.10)	2.14(1.19~3.85)	2.27(1.13~5.37)	1.01(0.93~1.09)	<0.001
年龄×各组<0.001						
青壮年						
模型一	1	1.82(1.46~2.27)	2.48(1.98~3.12)	3.12(2.31~4.12)		<0.001
模型二	1	1.59(1.23~1.98)	1.72(1.35~2.20)	1.97(1.43~2.71)		<0.001
模型三	1	1.36(1.05~1.75)	1.27(0.97~1.67)	1.13(0.79~1.62)		<0.001
模型四	1	1.26(0.92~1.72)	1.09(0.69~1.72)	0.89(0.45~1.74)	1.02(0.96~1.09)	<0.001
中老年						
模型一	1	1.25(1.02~1.55)	1.49(1.19~1.85)	1.48(1.10~1.99)		<0.001
模型二	1	1.25(1.02~1.55)	1.48(1.19~1.85)	1.48(1.11~1.99)		<0.001
模型三	1	1.21(1.01~1.37)	1.39(1.08~1.73)	1.38(1.05~1.72)		<0.001
模型四	1	1.48(1.09~2.01)	2.03(1.30~3.17)	2.38(1.22~4.62)	0.91(0.87~0.96)	<0.001

注:模型 1;以 BaPWV 为应变量,不同 BMI 轨迹组为自变量;模型 2;在模型 1 的基础上校正了年龄和性别;模型 3;在模型 2 的基础上校正了 MAP、心率、LDLC、是否糖尿病、体育锻炼、饮酒、吸烟;模型 4;在模型 3 的基础上校正了基线 BMI。不同性别:模型 1;以 BaPWV 为应变量,不同 BMI 轨迹组为自变量;模型 2;在模型 1 的基础上校正了年龄;模型 3;在模型 2 的基础上校正了 MAP、心率、LDLC、是否糖尿病、体育锻炼、饮酒、吸烟;模型 4;在模型 3 的基础上校正了基线 BMI。不同年龄:模型 1;以 BaPWV 为应变量,不同 BMI 轨迹组为自变量;模型 2;在模型 1 的基础上校正了性别;模型 3;在模型 2 的基础上校正了 MAP、心率、LDLC、是否糖尿病、体育锻炼、饮酒、吸烟;模型 4;在模型 3 的基础上校正了基线 BMI。

3 讨 论

我们研究发现 BaPWV 值在低稳定组、低中稳定组、高中稳定组、高稳定组中逐渐升高,由 1520.52 cm/s 升至 1597.08 cm/s; BaPWV \geq 1400 cm/s 的检出率也呈上升趋势,高稳定组 BaPWV \geq 1400 cm/s 的检出率约为低稳定组的 1.7 倍。这与以往有关 BMI 与 BaPWV 关联的研究结果基本一致。黄晖明等^[18]研究发现与 BMI 正常者相比肥胖组 BaPWV \geq 1400 cm/s 的检出率增加 2.3 倍。

我们还发现不同 BMI 轨迹组, BaPWV \geq 1400 cm/s 的发生风险也呈上升趋势,与低稳定组相比,低中稳定组、高中稳定组、高稳定组 BaPWV \geq 1400 cm/s 的发生风险分别增加 34%、57%、77%,这与以往有关 BMI 对动脉硬化影响的研究结果相似。Rider 等^[7]研究发现 BMI 与 cfPWV 呈正相关。我们还发现 BMI 轨迹对动脉硬化的作用存在性别和年龄的差异,在女性和中老年中, BMI 轨迹是动脉硬化的独立危险因素,不同 BMI 轨迹组, BaPWV \geq 1400 cm/s 的发生风险也呈上升趋势,与低稳定组相比,女性中不同 BMI 轨迹组 BaPWV \geq 1400 cm/s 的发生风险分别增加 39%、114%、127%,在中老年中不同 BMI 轨迹组 BaPWV \geq 1400 cm/s 的发生风险分别增加 48%、103%、138%。而在男性和青壮年中 BMI 轨迹对动脉硬化的影响并无统计学差异,这与以往的研究结果基本一致。Paul 等^[19]研究发现,在女性中, BMI 与动脉硬化呈正相关, Rider 等^[7]表明在中老年人中 BMI 与动脉硬化呈正相关。

另外,因为服用降压药、降脂药物、心血管疾病、吸烟的人群可能对结果产生一些影响,所以我们分别去除服用降压药、降脂药物、心血管疾病、吸烟的人群做了敏感性分析,结果显示去除服用降压药物及降脂药物、心血管疾病和吸烟的人群后,各 BMI 轨迹组对 BaPWV \geq 1400 cm/s 的预测作用消失,这也提示肥胖致动脉硬化的作用可能是通过升高血压、脂代谢异常、心脑血管疾病、吸烟来实现的。

虽然基线 BMI 也是 BaPWV \geq 1400 cm/s 的独立危险因素,但是我们分别将基线 BMI 与 BMI 轨迹同时带入模型后发现基线 BMI 对 BaPWV \geq 1400 cm/s 的影响消失,其 OR 值 (95% CI) 分别为 1.01 (0.97 ~ 1.05), 因此 BMI 轨迹对 BaPWV \geq 1400 cm/s 的预测独立于基线 BMI 并且其预测价值可能优于基线 BMI, 虽然以往没有关于 BMI 轨迹对 BaPWV \geq 1400 cm/s 的预测价值是否优于基线 BMI

的研究,但是 Susanne 等^[20]研究发现血压轨迹对全因死亡的预测价值优于基线血压。

虽然我们发现高的 BMI 轨迹是 BaPWV \geq 1400 cm/s 的独立危险因素,但是我们的研究也存在一定的局限性:首先,以往大部分相关研究采用的动脉硬化指标是 cfPWV,而我们采用了 BaPWV,后者包括了肌性动脉脉搏波传导速度,但肌性动脉脉搏波传导速度并不受年龄及收缩压的影响^[21]而且 AHA 也已将 BaPWV 作为诊断动脉硬化的指标之一^[22];其次,本研究主要观察人群以男性 (68.9%) 为主,不足以代表所有人群;然后,我们的研究观察时间短 (6 年), BMI 轨迹无明显的增加或降低, Song 等^[13]研究发现从青壮年到中年 BMI 轨迹呈现不同的增长变化,然而 Townsend 等^[22]人研究表明在老年人群中 BMI 与我们的研究一样呈四条平稳的轨迹;最后,我们的研究对象为职业人群,不足以代表所有人群,此结果尚有待在其他人群中验证。

本研究的意义在于:我们采用轨迹模型的方法,观察不同 BMI 轨迹与 BaPWV \geq 1400 cm/s 的关联。我们发现随着 BMI 轨迹的增高, BaPWV \geq 1400 cm/s 的发生风险也随之增加,这提示我们控制体重增加可以作为预防动脉硬化的一个干预指标,所以对于肥胖的人群,可以通过降低体重,从而降低动脉硬化的发生风险。

综上所述,高的 BMI 轨迹是早期动脉硬化的独立危险因素。

[参考文献]

- [1] Sutton T, Newman A, Simonsick E, et al. Aortic stiffness is associated with visceral adiposity in older adults enrolled in the study of healthy, aging and body composition [J]. Hypertension, 2001, 38(3): 429-433.
- [2] Mitchell G, Guo C, Benjamin E, et al. Cross-sectional correlates of increased aortic stiffness in the community: the Framingham Heart Study [J]. Circulation, 2007, 115(20): 2628-636.
- [3] Shin Y, Lee R, Lee C, et al. increased arterial stiffness in healthy subject with high-normal glucose levels and in subjects with prediabetes [J]. Cardiovasc Diabetol, 2011, 10(30): 389-396.
- [4] Ho C, Lin C, Hsu HS, et al. Arterial stiffness is strongly associated with insulin resistance in Chinese-a population-based study [J]. J Atheroscler Thromb, 2011, 18(2): 122-130.
- [5] Sutton-Tyrrell K, Newman A, Simonsick EM, et al. Aortic stiffness is associated with visceral adiposity in older adults

- enrolled in the study of health, aging, and body composition [J]. *Hypertension*, 2001, 38(5): 429-433.
- [6] Wildman RP, Mackey RH, Bostom A, et al. Measures of obesity are associated with vascular stiffness in young and older adults [J]. *Hypertension*, 2003, 42(15): 468-473.
- [7] Rider OJ, Tayal U, Francis JM, et al. The effect of obesity and weight loss on aortic pulse wave velocity as assessed by magnetic resonance imaging [J]. *Obesity (Silver Spring)*, 2010, 18(3): 2 311-316.
- [8] Lurbe E, Torro I, Garcia-Vicent C, et al. Blood pressure and obesity exert independent influences on pulse wave velocity in youth [J]. *Hypertension*, 2012, 60(5): 550-555.
- [9] Dangardt F, Osika W, Volkmann R, et al. Obese children show increased intimal wall thickness and decreased pulse wave velocity [J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2008, 28(7): 287-293.
- [10] Charakida M, Jones A, Falaschetti E, et al. Childhood obesity and vascular phenotypes: a population study [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 60(9): 2 643-650.
- [11] Desamericq C, Tissot CM, Akakpo S, et al. Carotid - femoral pulse wave velocity is not increased in obesity [J]. *Am J Hypertens*, 2015, 28(4): 546-551.
- [12] Reinders I, Murphy R, Martin K, et al. Body mass index trajectories in relation to change in lean mass and physical function: the health, aging and body composition study [J]. *J Am Geriatr Soc*, 2015, 63(8): 1 615-621.
- [13] Song M, Willett W, Hu F, et al. Trajectory of body shape across the lifespan and cancer risk [J]. *Int J Cancer*, 2016, 138(10): 2 383-395.
- [14] Zhang Y, Wu Z, Zhou X, et al. The relationship of asymptomatic intracranial artery stenosis and Framingham stroke risk profile in a Northern Chinese industrial city [J]. *Neurol Res*, 2012. 34(4): 359-365.
- [15] 侯金泓, 王剑利, 李俊娟, 等. 老年人基线脉压水平对远期肾功能的影响 [J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2014, 10(3): 1 038-040.
- [16] 李冬青, 陶杰, 董岩, 等. 早产对产妇远期心脑血管事件的影响 [J]. *中华心血管病杂志*, 2014, 12(7): 598-602.
- [17] Wu SL, Huang ZR, Yang X, et al. Prevalence of ideal cardiovascular health and its relationship with the 4-year cardiovascular events in a Northern Chinese industrial city [J]. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2012, 5(4): 487-493.
- [18] 黄晖明, 李森, 许浩, 等. 超重和肥胖与动脉僵硬度的相关性研究 [J]. *中华心血管杂志*, 2011, 16(4): 950-954.
- [19] Paul S, Radavelli-Bagatini S. Association of arterial stiffness with obesity in Australian women: a pilot study [J]. *Clin Hypertens (Greenwich)*, 2013, 15(2): 118-123.
- [20] Susanne M, Tielemans M, Johanna M, et al. Ten-year blood pressure trajectories, cardiovascular mortality and life years lost in 2 extinction cohorts: the Minnesota business and professional men study and the Zutphen study [J]. *J Am Heart Assoc*, 2015, 4(3): e001 378.
- [21] Zhang Y, Agnoletti D, Protogerou AD, et al. Characteristics of pulse wave velocity in elastic and muscular arteries: a mismatch beyond age [J]. *J Hypertens*, 2013, 31(3): 554-559.
- [22] Townsend RR, Wilkinson IB, Schiffrin EL, et al. Recommendations for improving and standardizing vascular research on arterial stiffness: a scientific statement from the American Heart Association [J]. *Hypertension*, 2015, 66(3): 698-722.
- (此文编辑 许雪梅)