

臂-踝动脉脉搏波传导速度的长时变异性及其影响因素

刘学伟¹, 赵叔辉², 邢爱君², 梁欣², 刘英², 孙玉艳², 董申², 吴寿岭², 王艳秀²

1. 开滦总医院医务部, 2. 心内科; 河北唐山 063000

摘要:目的 探讨臂-踝动脉脉搏波传导速度(baPWV)的长时变异性以及影响因素。方法 入选开滦研究队列中参加2010、2012、2014、2016、2018年度健康体检且至少完成3次baPWV测量者9 107例为研究对象,排除首次baPWV测量时心房颤动者30例、肿瘤病史者172例,最终8 905例纳入统计学分析。参照长时血压变异性计算方法,以多次baPWV测量值的标准差(baPWV_SD)作为长时变异性指标。采用多因素线性回归和多因素logistic回归分析baPWV变异性的影响因素。结果 观察人群baPWV_SD中位数为0.97 m/s,第25分位数为0.62 m/s,第75分位数为1.56 m/s。多因素logistic回归分析结果显示,高血压、糖尿病、高脂血症、静息心率、基线baPWV、年龄、男性、吸烟、饮酒是baPWV长时变异性增加的影响因素,OR值(95%CI)分别为1.453(1.213~1.733)、1.332(1.091~1.623)、1.156(1.035~1.307)、1.009(1.005~1.013)、1.154(1.123~1.186)、1.013(1.008~1.019)、1.427(1.265~1.609)、1.188(1.029~1.376)、1.467(1.167~1.856)(均 $P<0.01$)。多因素线性回归结果显示,平均动脉压(MAP)、平均动脉压变化幅度(Δ MAP)、空腹血糖、静息心率、静息心率变化幅度与baPWV变异性呈正相关(均 $P<0.05$)。结论 baPWV存在长时变异性。高血压、糖尿病、高脂血症、静息心率、基线baPWV、年龄、男性以及吸烟、饮酒均是baPWV长时变异性的影响因素。

关键词: 血压变异性; 臂-踝动脉脉搏波传导速度; 长时变异性

动脉硬化是血管老化的表现,其与靶器官损害、心脑血管事件均密切相关^[1]。除增龄因素外,血压也与动脉硬化高度相关,血压与动脉硬化间的关系可能存在双向性^[2-3]。血压存在长时变异性,笔者推测动脉硬化也可能存在长时变异性。目前分析动脉硬化变异性及影响因素的研究很少。日本一项研究发现,动脉波速指数(arterial velocity index, AVI)随季节气温变化呈现夏季升高、冬季下降现象,并且认为AVI的这种变化与青年人夏季冠心病高发的“反常”现象有关^[4]。臂-踝动脉脉搏波传导速度(brachial-ankle artery pulse wave velocity, baPWV)是反映动脉硬化的重要指标,笔者利用开滦研究队列中重复测量的baPWV资料,验证动脉硬化存在长时变异性这一假设,并进一步分析了baPWV变异性的影响因素。

1 对象与方法

1.1 对象 开滦研究是一项正在进行的功能社区人群心血管危险因素调查、干预的注册研究(ChiCTR-TNC-11001489)。该研究始于2006年,随后每2年进行一次随访,具体研究设计已经发表^[5]。自2010年度(第三次随访)开始对开滦研究部分观察人群进行首

次baPWV测量,并在2012(第四次随访)、2014(第五次随访)、2016(第六次随访)、2018(第七次随访)年度分别进行baPWV重复测量,并记录了随访期间发生的心脑血管事件,至今仍在随访中。本文入选开滦研究队列中参加2010、2012、2014、2016、2018年度健康体检且至少完成3次baPWV测量者为研究对象。

纳入标准:①参加第三至七次随访者;②随访期间至少完成3次baPWV检测者;③同意参加本研究并签署知情同意书者。

排除标准:①心房颤动、肿瘤者;②既往曾明确诊断大动脉炎或大动脉夹层、大动脉支架植入术者;③baPWV测量时臂踝指数 ≤ 0.9 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,批准号:[2006]医伦字5号。

1.2 资料收集 问卷调查:调查问卷均由科研相关专业人士设计,将设计好的问卷交由观察对象亲自填写,由参与查体的医务人员进行面对面的信息核对,确定没有错误后再将调查问卷收回。调查问卷的主要内容:参与者基本特性;个人疾病史(高血压、高血脂、糖尿病、冠心病、脑卒中、慢性阻塞性肺疾病、恶性肿瘤等);家族史;服用药物情况;个人生活习惯(是否吸烟、是否饮酒、是否经常体育锻炼、食盐量等)。

人体测量学检查指标、生化检测指标、流行病学调查内容可见本课题组已经发表的文献^[6]。静息心率

测量方法:观察对象于体检当日上午 07:00—09:00 进行心电图检查,观察对象检查前 30 min 内禁止饮酒、咖啡类物质,禁止吸烟,无剧烈运动,在安静环境下静坐 5 min 后,使用日本光电公司生产的 ECG-9130P 型号心电图机记录平卧位 12 导联心电图,观察静息心率。

高血压定义为收缩压 ≥ 140 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)和/或舒张压 ≥ 90 mmHg 或有明确高血压史^[7]。糖尿病定义为空腹血糖 ≥ 7.0 mmol/L 和/或虽然空腹血糖 < 7.0 mmol/L 但正在使用降糖药或有糖尿病史^[8]。高脂血症定义为既往有高甘油三酯血症和/或高胆固醇血症病史(包括服药或不服药),或基线查体有高甘油三酯血症(甘油三酯 > 2.3 mmol/L)和/或高胆固醇血症(总胆固醇 > 5.69 mmol/L)。

1.3 baPWV 测定 采用欧姆龙健康医疗(中国)有限公司生产的 BP-203RPE III 网络化动脉硬化检测装置采集 baPWV 数值,通过网络连接,直接读取数据。检查室室温保持在 22~25 °C,测量前嘱受试者不吸烟,休息 5 min 以上,录入受试者的性别、年龄、身高、体重后嘱其穿薄衣,检测开始时受试者保持安静,去枕平卧,双手手心向上置于身体两侧,将四肢血压袖带缚于上臂及下肢踝部,上臂袖带气囊标志处对准肱动脉,袖带下缘距肘窝横纹 2~3 cm,下肢袖带气囊标志位于下肢内侧,袖带下缘距内踝 1~2 cm,心音采集装置放于受试者心前区,左右腕部夹好心电采集装置,对每位受试者重复测量 2 次,取第 2 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。本研究将首次检测 baPWV 的同期体检资料为基线资料。

1.4 长时 baPWV 变异性的定义 参照长时血压变异性计算方法^[6],以多次 baPWV 测量值的标准差(standard deviation of baPWV, baPWV_SD)作为长时变异性指标。具体计算方法如下:

$$\text{baPWV_SD} = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

其中, n 为年度 ($3 \leq n \leq 7$) baPWV 测量次数, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 分别为 n 次随访 baPWV 值, \bar{x} 为 n 次随访 baPWV 值的均值。

1.5 统计学方法 采用 SAS9.4 统计软件进行分析。正态分布计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,两组间比较采用独立样本 t 检验。偏态分布计量资料采用中位数 (P_{25}, P_{75}) 表示,组间比较采用 Kruskal-Wallis H 非参数检验。计数资料用例 (%) 表示,组间比较采用卡方 (χ^2) 检验。采用多因素线性回归分析以及前向逐步法(引入概率: 0.05, 剔除概率: 0.10)多因素 logistic 回归分析方法分析 baPWV 变异性的影响因素。分别删除基线服用降压药、降糖药及调脂药后重复多因素 logistic 回归分析(敏感性分析)。以 $P \leq 0.05$ (双侧检

验)为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本资料 在第三至七次随访期间至少完成 3 次(包括 3 次) baPWV 测量者 9 107 例,排除首次 baPWV 测量时心房颤动者 30 例、肿瘤病史者 172 例,最终纳入统计学分析者为 8 905 例(其中完成 4 次 baPWV 测量者 3 525 例、完成 5 次 baPWV 测量者 1 482 例、完成 6 次 baPWV 测量者 588 例、完成 7 次 baPWV 测量者 251 例)。纳入人群平均年龄为 (47.28 ± 10.25) 岁,男性 4 945 例 (55.53%), 平均随访 5.37(3.30, 6.59) 年。观察人群基线一般资料详见表 1。

表 1 观察对象一般情况

指标	数据
年龄(岁)	47.28 \pm 10.25
男性[例(%)]	4 945(55.53)
收缩压(mmHg)	125.40 \pm 17.69
舒张压(mmHg)	80.61 \pm 11.28
平均动脉压(mmHg)	95.54 \pm 12.54
静息心率(次/min)	73.19 \pm 21.29
体重指数(kg/m ²)	24.76 \pm 3.10
基线baPWV(m/s)	13.70(12.20, 15.65)
LDL-C(mmol/L)	2.58 \pm 0.72
空腹血糖(mmol/L)	5.46 \pm 1.37
hsCRP(mg/L)	1.33(0.60, 2.00)
尿酸(μ mol/L)	297.30 \pm 91.94
eGFR[mL/(min \cdot 1.73 m ²)]	126.84 \pm 33.93
吸烟[例(%)]	2 205(24.80)
饮酒[例(%)]	277(3.11)
体育锻炼[例(%)]	1 145(12.90)
高血压[例(%)]	3 045(34.20)
服用降压药[例(%)]	1 244(14.00)
糖尿病[例(%)]	732(8.20)
服用降糖药[例(%)]	325(3.60)
高脂血症[例(%)]	3 006(33.80)
随访时间(年)	5.37(3.30, 6.59)

注:正态分布计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,非正态分布计量资料以中位数(P_{25}, P_{75})表示。baPWV为臂-踝动脉脉搏波传导速度;LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇;hsCRP为高敏C反应蛋白;eGFR为估算的肾小球滤过率。

2.2 baPWV 的长时变异性 观察人群 baPWV_SD 中位数为 0.97 m/s, P_{25} 为 0.62 m/s, P_{75} 为 1.56 m/s, 均数为 1.21 m/s, 标准差为 0.864 m/s。

2.3 baPWV 长时变异性的影响因素

2.3.1 单因素分析 按照 baPWV_SD 中位数分组,与 baPWV_SD < 0.97 m/s 组比较, baPWV_SD ≥ 0.97 m/s 组年龄、收缩压、舒张压、平均动脉压、静息心率、体重

指数、baPWV、低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein cholesterd, LDL-C)、空腹血糖、高敏C反应蛋白(high sensitivity C reactive protein, hsCRP)、血尿酸水平,男性、吸烟、饮酒、体育锻炼、高血压、糖尿病、服降压药、降糖药及降脂药人数所占比例,随访期平均动脉压变化(Δ 平均动脉压)、空腹血糖变化(Δ 空腹

血糖)、估算的肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)变化(Δ eGFR)升高, eGFR水平降低(均 $P < 0.001$)。两组比较,随访期间体重指数变化(Δ 体重指数)、LDL-C变化(Δ LDL-C)、hsCRP(Δ hsCRP)变化差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表2。

表2 按 baPWV_SD 中位数分组比较基线资料及随访期间变化情况

baPWV_SD(m/s)分组	例数	年龄(岁)	男性[例(%)]	收缩压(mmHg)	舒张压(mmHg)	平均动脉压(mmHg)
<0.97	4 452	44.96±9.39	2 315(52.00)	121.50±15.89	78.32±10.57	92.72±11.47
≥0.97	4 453	49.60±10.55	2 630(59.06)	129.29±18.54	82.89±11.50	98.35±12.94
$t/\chi^2/Z$ 值		481.439	44.963	453.252	379.443	473.157
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
baPWV_SD(m/s)分组		静息心率(次/min)	体重指数(kg/m ²)	基线baPWV(m/s)	LDL-C(mmol/L)	空腹血糖(mmol/L)
<0.97		72.10±13.16	24.40±3.03	13.01(11.85, 14.49)	2.53±0.71	5.31±1.14
≥0.97		73.13±12.46	25.12±3.14	14.59(12.81, 16.80)	2.62±0.73	5.61±1.55
$t/\chi^2/Z$ 值		14.336	122.322	749.081	31.563	111.931
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
baPWV_SD(m/s)分组		hsCRP(mg/L)	血尿酸(μ mol/L)	eGFR[mL/(min·1.73 m ²)]	吸烟[例(%)]	饮酒[例(%)]
<0.97		1.30(0.50, 2.00)	291.35±89.76	128.27±31.52	939(21.09)	229(5.14)
≥0.97		1.40(0.60, 2.04)	303.26±93.69	125.40±36.13	1 266(28.43)	430(9.66)
$t/\chi^2/Z$ 值		17.553	37.533	15.954	749.079	31.562
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
baPWV_SD(m/s)分组		体育锻炼[例(%)]	高血压[例(%)]	服用降压药[例(%)]	糖尿病[例(%)]	服用降糖药[例(%)]
<0.97		451(10.13)	1 054(23.67)	369(8.29)	219(4.92)	88(1.98)
≥0.97		694(15.58)	1 991(44.71)	875(19.65)	513(11.52)	237(5.32)
$t/\chi^2/Z$ 值		59.123	437.844	239.107	128.584	70.857
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
baPWV_SD(m/s)分组		高脂血症[例(%)]	Δ 平均动脉压(mmHg)	Δ 静息心率(次/min)	Δ 体重指数(kg/m ²)	Δ LDL-C(mmol/L)
<0.97		1 358(30.50)	1.69(-5.11, 7.89)	4.07(-2.00, 10.00)	0.31(-0.69, 1.54)	0.49(-0.03, 1.05)
≥0.97		1 648(37.01)	2.11(-4.56, 9.67)	4.07(-2.00, 11.82)	0.29(-0.88, 1.60)	0.56(-0.03, 1.10)
$t/\chi^2/Z$ 值		42.134	12.003	7.637	3.453	3.274
P 值		<0.001	<0.001	0.005	0.063	0.071
baPWV_SD(m/s)分组		Δ 空腹血糖(mmol/L)	Δ 尿酸(μ mol/L)	Δ eGFR[mL/(min·1.73 m ²)]	随访时间(年)	
<0.97		0.10(-0.30, 0.52)	17.00(-28.00, 62.00)	-3.85(-12.75, 8.41)	4.09(3.09, 6.52)	
≥0.97		0.23(-0.24, 0.71)	17.65(-29.00, 65.00)	-4.86(-15.11, 7.95)	5.51(4.05, 7.54)	
$t/\chi^2/Z$ 值		52.483	0.234	13.687	15.034	
P 值		<0.001	0.628	<0.001	<0.001	

注:正态分布计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示;偏态分布计量资料采用中位数(P_{25}, P_{75})表示。baPWV为臂-踝动脉搏波传导速度;baPWV_SD为baPWV的标准差;LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇;hsCRP为高敏C反应蛋白;eGFR为估算的肾小球滤过率; Δ 为该指标随访末与基线的差值。服降脂药人数较少,未做统计。

2.3.2 多因素分析 以基线年龄、性别、平均动脉压、静息心率、baPWV、体重指数、空腹血糖、LDL-C、血尿酸、eGFR、hsCRP、吸烟、饮酒、体育锻炼、高血压病史、糖尿病史、高脂血症史以及 Δ 平均动脉压、随访期间静息心率变化(Δ 静息心率)、 Δ 空腹血糖、

Δ eGFR、随访时间为自变量进行多因素线性回归分析和多因素 logistic 回归分析。多因素线性回归结果显示,年龄、男性、平均动脉压、静息心率、体重指数、基线 baPWV、空腹血糖、吸烟、饮酒、高血压、糖尿病、高脂血症及 Δ MAP、 Δ 静息心率及随访时间与 baPWV_SD

呈正相关(均 $P < 0.05$)。见表3。多因素 logistic 回归分析结果显示,男性、平均动脉压、静息心率、体重指数、基线 baPWV、空腹血糖、吸烟、饮酒、高血压、糖尿病、高脂血症及 Δ MAP、 Δ 静息心率及随访时间是 baPWV_SD 的影响因素,其中高血压、糖尿病、饮酒及男性人群中 baPWV_SD 增加更明显,OR(95%CI)分别为 1.453(1.213~1.733)、1.332(1.091~1.623)、1.467(1.167~1.856)及 1.427(1.265~1.609),见表4。

表3 baPWV_SD 影响因素的多因素线性回归分析($n=8\ 905$)

自变量	B	SE	标准化B	t值	P值
年龄	0.007	0.001	0.082	6.579	<0.001
男性	0.084	0.023	0.049	4.261	<0.001
平均动脉压	0.008	0.001	0.130	6.547	<0.001
静息心率	0.004	0.001	0.059	5.106	<0.001
体重指数	0.010	0.003	0.037	3.403	0.001
基线baPWV	0.077	0.005	0.243	15.898	<0.001
空腹血糖	0.013	0.004	0.027	2.606	0.009
吸烟	0.069	0.023	0.033	2.509	0.012
饮酒	0.092	0.034	0.026	2.205	0.027
高血压	0.139	0.026	0.075	4.108	<0.001
糖尿病	0.157	0.044	0.048	4.203	<0.001
高脂血症	0.042	0.019	0.022	2.001	0.045
Δ 平均动脉压	0.007	0.001	0.102	6.153	<0.001
Δ 静息心率	0.002	0.001	0.049	4.358	<0.001
随访时间	0.058	0.004	0.140	13.369	<0.001

注:baPWV为臂-踝动脉脉搏波传导速度;baPWV_SD为baPWV的标准差; Δ 平均动脉压为末次测量baPWV时的平均动脉压与首次测量baPWV时的平均动脉压之差; Δ 静息心率为末次测量baPWV时的心率与首次测量baPWV时的心率之差。

2.4 敏感性分析 为了排除治疗药物对 baPWV_SD 影响因素的混杂影响,删除基线服用降压药、降糖药及降脂药($n=7\ 461$)后重复多因素 logistic 回归分析。结果显示,平均动脉压、年龄、性别、静息心率、体重指数、基线 baPWV、空腹血糖、吸烟、饮酒、 Δ 静息心率、 Δ 平均动脉压、随访时间增加了 baPWV_SD 风险(均 $P < 0.05$)。见表5。

3 讨论

本研究发现,baPWV 存在长时变异性。目前根据单次测量 baPWV $\geq 1\ 800$ cm/s 诊断为动脉硬化^[9],但该参数在一段时间内随着人体机能的自我调节、运动^[10-11]而发生变化,因此仅根据一次 baPWV 不能全面评估动脉硬化,探究动脉硬化长时变异性恰是对动脉硬化进行全面评估的必要补充。但 baPWV 的长时变异性预测终点事件是否比基线 baPWV 更具意义,有待以后进一步探讨。

表4 baPWV_SD 影响因素的多因素 logistic 回归分析($n=8\ 905$)

自变量	B	SE	Wald χ^2 值	P值	OR(95%CI)
年龄	0.011	<0.001	21.547	<0.001	1.013(1.008~1.019)
男性	0.360	0.058	33.482	<0.001	1.427(1.265~1.609)
平均动脉压	0.019	<0.001	15.482	<0.001	1.017(1.008~1.023)
静息心率	0.011	<0.001	17.089	<0.001	1.009(1.005~1.013)
体重指数	0.033	0.010	17.641	<0.001	1.029(1.018~1.049)
基线baPWV	0.143	0.010	105.763	<0.001	1.154(1.123~1.186)
空腹血糖	0.050	0.021	5.622	0.018	1.048(1.009~1.097)
吸烟	0.174	0.074	5.503	0.019	1.188(1.029~1.376)
饮酒	0.386	0.118	10.687	0.001	1.467(1.167~1.856)
高血压	0.371	0.091	16.619	<0.001	1.453(1.213~1.733)
糖尿病	0.285	0.102	7.737	0.005	1.332(1.091~1.623)
高脂血症	0.151	0.059	6.457	0.011	1.156(1.035~1.307)
Δ 平均动脉压	0.019	<0.001	23.301	<0.001	1.017(1.009~1.022)
Δ 静息心率	0.012	<0.001	15.603	<0.001	1.009(1.005~1.013)
随访时间	0.147	0.010	153.797	<0.001	1.161(1.133~1.187)

注:baPWV为臂-踝动脉脉搏波传导速度;baPWV_SD为baPWV的标准差; Δ 平均动脉压为末次测量baPWV时的平均动脉压与首次测量baPWV时的平均动脉压之差; Δ 静息心率为末次测量baPWV时的心率与首次测量baPWV时的心率之差。变量赋值,baPWV_SD<0.79为0,baPWV_SD \geq 0.79为1;性别,女性为0,男性为1;吸烟,不吸为0,吸为1;饮酒,不饮为0,饮为1;高血压、糖尿病、高脂血症,否为0,是1;其他变量以连续变量纳入分析。

表5 baPWV SD 影响因素的多因素 logistic 回归分析(敏感性分析*)($n=7\ 461$)

变量	B	SE	Wald χ^2 值	P值	OR(95%CI)
年龄	0.024	<0.001	32.942	<0.001	1.022(1.015~1.028)
男性	0.401	0.075	35.556	<0.001	1.494(1.305~1.693)
平均动脉压	0.021	<0.001	57.646	<0.001	1.021(1.018~1.027)
静息心率	0.010	<0.001	13.072	<0.001	1.010(1.001~1.012)
体重指数	0.029	0.010	9.899	0.002	1.033(1.012~1.052)
基线baPWV	0.164	0.010	131.381	<0.001	1.178(1.137~1.213)
空腹血糖	0.062	0.021	6.163	0.013	1.059(1.009~1.110)
吸烟	0.294	0.069	17.729	<0.001	1.332(1.169~1.521)
饮酒	0.302	0.110	7.503	0.006	1.343(1.089~1.661)
Δ 平均动脉压	0.020	<0.001	47.882	<0.001	1.022(1.011~1.027)
Δ 静息心率	0.011	<0.001	14.823	<0.001	1.008(1.001~1.011)
随访时间	0.149	0.010	162.617	<0.001	1.159(1.142~1.188)

注:baPWV为臂-踝动脉脉搏波传导速度;baPWV_SD为baPWV的标准差; Δ 平均动脉压为末次测量baPWV时的平均动脉压与首次测量baPWV时的平均动脉压之差; Δ 静息心率为末次测量baPWV时的心率与首次测量baPWV时的心率之差。变量赋值,baPWV_SD<0.79为0,baPWV_SD \geq 0.79为1;性别,女性为0,男性为1;吸烟,不吸为0,吸为1;饮酒,不饮为0,饮为1;其他变量以连续变量纳入分析。*删除基线服用降压药、降糖药及降脂药人群。

血压与动脉硬化的关系密切、复杂,二者间的因果关系尚待进一步研究,但越来越多的证据显示,二者可能存在双向性^[2,12]。以往研究表明,平均动脉压是

与动脉硬化关联更强的变量^[2, 13], 而且既往研究也证实平均动脉压每增加 1 mmHg, 随访末 baPWV 增加 5.15 cm/s, baPWV 进展增加 2.96 cm/s^[14]。因此, 本研究探讨 baPWV 变异性影响因素时也纳入了基线平均动脉压和 Δ 平均动脉压。研究结果显示, 校正其他可能影响 baPWV_SD 的影响因素后, 平均动脉压、 Δ 平均动脉压均增加 baPWV_SD 风险。敏感性分析后结果不变。

高血糖是另一个不可忽视的与动脉硬化关联紧密的因素之一。研究已证实, 糖尿病是影响动脉硬化的独立危险因素, 糖尿病人群动脉硬化发生风险是非糖尿病人群的 1.07~2.54 倍^[15-16], 而且即使在糖尿病前期人群中^[17], 空腹血糖水平在正常范围内的升高也加速了动脉硬化的进展。本研究结果也显示, 糖尿病是影响 baPWV_SD 的主要危险因素。

既往研究证实, 心率和脉搏波传导速度之间存在关联, 心率增加 20 次/min 可以使脉搏波传导速度增加 0.5 m/s, 通过中介分析证实心率对脉搏波传导速度的影响是通过平均动脉压介导。研究者对可能的机制也进行了分析, 心率增快可导致全身动脉顺应性下降, 增加血管壁舒缩应变周期, 从而增加血管壁弹性纤维疲劳, 增强血流对血管壁冲击力, 最终影响动脉僵硬度^[18]。本研究也发现, 心率是增加 baPWV_SD 的主要危险因素之一, 校正其他可能影响 baPWV_SD 的危险因素后, 心率每增加 1 次/min, baPWV_SD 风险增加 1%。

体重指数对动脉硬化的影响目前尚无一致结论^[19-20], 甚至相互矛盾。分析结论不一致的原因可能受地域、人种以及观察人群如年龄等因素的影响。另外也有研究认为, 肥胖与动脉硬化之间的正向关系可能是与肥胖有关的糖脂代谢异常、高血压等疾病导致的而不是由于体脂过多造成的, 这些相关的疾病能促进血管老化而导致动脉硬化的增加^[18]。本研究也观察到基线体重指数增加 baPWV_SD 风险, 而 Δ 体重指数与 baPWV_SD 却无明显相关。分析原因, 可能是在随访观察过程中对体检职工均进行健康生活方式管理, 不同 baPWV_SD 分组人群体重指数均出现降低, 因此研究结果还有待更多研究来验证。

本研究发现, 吸烟、饮酒、基线 baPWV 等也影响 baPWV_SD, 提示保持健康生活方式、预防动脉硬化能够减少动脉硬化变异。

本研究的局限性: baPWV 是目前公认较好的动脉硬化的指标之一, 但并不是诊断动脉硬化的金标准; 尽管本研究将传统的动脉硬化危险因素和可能的影响因素都纳入了模型, 但未考虑到遗传因素对 baPWV 变异性的影响; 本研究仅证明中年人群 baPWV_SD 的客观存在, 未能涵盖全人群。

参考文献

- [1] Vasan RS, Short MI, Niiranen TJ, et al. Interrelations between arterial stiffness, target organ damage, and cardiovascular disease outcomes[J]. *J Am Heart Assoc*, 2019, 8(14): e012141.
- [2] Kaess BM, Rong J, Larson MG, et al. Aortic stiffness, blood pressure progression, and incident hypertension[J]. *JAMA*, 2012, 308(9): 875-881.
- [3] Allen NB, Siddique J, Wilkins JT, et al. Blood pressure trajectories in early adulthood and subclinical atherosclerosis in middle age[J]. *JAMA*, 2014, 311(5): 490-497.
- [4] Kita T, Kitamura K. Seasonal variation of novel arterial stiffness indexes in Japanese hypertensive patients[J]. *Clin Exp Hypertens*, 2019, 41(7): 670-674.
- [5] Zheng M, Zhang X, Chen S, et al. Arterial stiffness preceding diabetes: a longitudinal study[J]. *Circ Res*, 2020, 127(12): 1491-1498.
- [6] Wang AX, Wu J, Zhou Y, et al. Measures of adiposity and risk of stroke in China: a result from the Kailuan study[J]. *Plos One*, 2013, 8(4): e61665.
- [7] 中国高血压防治指南修订委员会. 中国高血压防治指南(2018年修订版)[J]. *中国心血管杂志*, 2019, 24(1): 24-56.
- [8] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2017 年版)[J]. *中华糖尿病杂志*, 2018, 10(1): 4-67.
- [9] Takashima N, Turin TC, Matsui K, et al. The relationship of brachial-ankle pulse wave velocity to future cardiovascular disease events in the general Japanese population: the Takashima Study[J]. *J Hum Hypertens*, 2014, 28(5): 323-327.
- [10] Wang H, Zhang T, Zhu W, et al. Acute effects of continuous and interval low-intensity exercise on arterial stiffness in healthy young men[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2014, 114(7): 1385-1392.
- [11] Alonso-Domínguez R, Recio-Rodríguez JI, Patino-Alonso MC, et al. Acute effect of healthy walking on arterial stiffness in patients with type 2 diabetes and differences by age and sex: a pre-post intervention study[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2019, 19(1): 56.
- [12] Liang X, Su S, Hao G, et al. Determinants of pulse wave velocity trajectories from youth to young adulthood: the Georgia Stress and Heart Study[J]. *J Hypertens*, 2019, 37(3): 563-571.
- [13] Scuteri A, Morrell CH, Orrù M, et al. Longitudinal perspective on the conundrum of central arterial stiffness, blood pressure, and aging[J]. *Hypertension*, 2014, 64(6): 1219-1227.
- [14] 刘倩, 韩旭, 马一涵, 等. 非高血压人群平均动脉压对动脉硬化进展的影响[J]. *中华高血压杂志*, 2021, 29(8): 733-739.
- [15] Gomez-Sanchez L, Garcia-Ortiz L, Patino-Alonso MC, et al. Glycemic markers and relation with arterial stiffness in Caucasian subjects of the MARK study[J]. *PLoS One*, 2017, 12(4): e0175982.
- [16] Ferreira MT, Leite NC, Caidoso CR, et al. Correlates of aortic stiffness progression in patients with type 2 diabetes: importance of glycemic control: the Rio de Janeiro type 2 diabetes cohort study[J]. *Diabetes Care*, 2015, 38(5): 897-904.
- [17] Shin JY, Lee HR, Lee DC. Increased arterial stiffness in healthy subjects with high-normal glucose levels and in subjects with pre-diabetes[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2011, 10: 30.
- [18] Papaioannou TG, Oikonomou E, Lazaros G, et al. The influence of resting heart rate on pulse wave velocity measurement is mediated by blood pressure and depends on aortic stiffness levels: insights from the Corinthia study[J]. *Physiol Meas*, 2019, 40(5): 055005.
- [19] 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.
- [20] Liu Y, Yan Y, Yang X, et al. Long-term burden of higher body mass index and adult arterial stiffness are linked predominantly through elevated blood pressure[J]. *Hypertension*, 2019, 73(1): 229-234.