

不同绝经时期雌激素对女性高血压患者的心血管保护效应分析

张晓芳, 赵旭, 李秀丽, 余静

(兰州大学第二医院高血压病科, 甘肃省兰州市 730030)

[关键词] 绝经期; 雌激素; 高血压; 中心动脉压; 动脉硬化

[摘要] **目的** 分析不同绝经时期女性高血压患者中心动脉压及动脉硬化参数的变化。探讨雌激素对女性心血管系统的保护作用。**方法** 入选高血压患者 118 人, 女性 51 例, 男性 67 例。依据绝经年限女性患者分为近期绝经组(绝经年限小于 5 年)和远期绝经组(绝经年限大于 5 年)。纳入与上述两组年龄一致的男性患者作为近期对照组和远期对照组。检测外周动脉收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、脉压(PP), 并测量中心动脉收缩压(cSBP)、舒张压(cDBP)、中心动脉压(cPP)、增益压(AP)、反射波增益指数(AIx)、75 次心率增益指数校正指数(AIx75HR)及颈动脉脉搏波传导速度(cfPWV)。**结果** (1) 近期绝经组 SBP、DBP、cSBP、cDBP、cfPWV 均低于近期对照组, AP、cPP、AIx、AIx75HR 均高于近期对照组, 且两组间 SBP、DBP、cDBP、AIx75HR 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。(2) 远期绝经组 SBP、PP、心率、cSBP、cPP、AP、AIx、AIx75HR、cfPWV 均大于远期对照组, 且两组间 SBP、PP、cSBP、cPP、AP、AIx75HR 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。(3) 近期绝经组雌二醇、孕激素水平高于远期绝经组, 且两组间雌二醇水平差异具有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 绝经年限较短的高血压女性患者, 其体内雌激素水平仍可维持对心血管系统的保护; 雌激素不仅对外周血压, 对中心动脉压也有保护作用, 但其对动脉硬化的保护作用并不明显。

[中图分类号] R54

[文献标识码] A

The protective efficacy of estrogen on cardiovascular system in female patients with hypertension in different menopause duration

ZHANG Xiao-Fang, ZHAO Xu, LI Xiu-Li, YU Jing

(Department of Hypertension, Second Hospital Affiliated to Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730030, China)

[KEY WORDS] Menopause; Estrogen; Hypertension; Central aortic pressure; Arterial stiffness

[ABSTRACT] **Aim** To analyze the changes of the parameters of central aortic pressure and arterial stiffness in hypertensive patients with different stages of menopause; To investigate the protective effect of estrogen on cardiovascular system in female. **Methods** 118 patients with hypertension were selected, and 51 cases were female and 67 cases were male. According to menopausal years, female patients were divided into short-term menopause group (menopause time was less than 5 years) and long-term menopause group (menopause time was more than 5 years). Male patients whose age were consistent with the above two female groups, were as short-term control group and long-term control group. Peripheral arterial systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), and pulse pressure (PP) were detected. Central systolic blood pressure (cSBP), central diastolic blood pressure (cDBP), central pulse pressure (cPP), augmentation pressure (AP), central aortic pressure augmentation index (AIx), augmentation index adjusting for a heart rate of 75 beats/min (AIx75HR) and carotid-femoral pulse wave velocity (cfPWV) were measured. **Results** (1) SBP, DBP, cSBP, cDBP and cfPWV in short-term menopause group were lower than those in short-term control group, AP, cPP, AIx and AIx75HR in short-term menopause group were higher than those in short-term control group, and the differences of SBP, DBP, cDBP, AIx75HR between the two groups were statistically significant ($P < 0.05$). (2) SBP, PP, heart rate, cSBP, cPP, AP, AIx, AIx75HR and cfPWV in long-term menopause group were larger than those in long-term

[收稿日期] 2016-06-27

[修回日期] 2016-09-21

[作者简介] 张晓芳, 硕士研究生, 研究方向为高血压病, E-mail 为 743663845@qq.com。通讯作者余静, 主任医师, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为高血压病, E-mail 为 yujing2304@126.com。

control group, and the differences of SBP, PP, cSBP, cPP, AP, AIx75HR between the two groups were statistically significant ($P < 0.05$). (3) The levels of estradiol and progesterone in short-term menopause group were higher than those in long-term menopause group, and the difference of estradiol level between the two groups was statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusions** Estrogen level in hypertensive female with short-term menopause can maintain the protection of cardiovascular system. Estrogen has a protective effect on not only peripheral blood pressure but also central aortic pressure, but its protective effect is not obvious on arterial stiffness.

流行病学研究显示,女性在绝经期前,其高血压患病率远低于同龄男性,而绝经后却逐渐与同龄男性相同,甚至高于男性^[1-2]。同时在相同药物治疗下,绝经后女性高血压患者血压控制管理效果也较男性差^[3-4]。绝经后女性雌激素的缺乏使雌激素的心血管保护作用减弱被认为是导致这些现象的主要原因^[2,5-7]。近年来大量的国内外研究^[8-11]发现,对于绝经后女性,雌激素对心血管的保护作用并非骤然降低,而是随着绝经时限的延长而逐渐减弱;雌激素的保护作用大约可持续到绝经后5年。中心动脉压不仅能反映人体真实血压情况,也是冠状动脉粥样硬化性心脏病的重要预测指标^[12]。故本实验以高血压绝经后女性为研究对象,探讨雌激素水平与中心动脉压及动脉硬化参数的关系。

1 资料和方法

1.1 研究对象

1.1.1 病例选择 选取2014年11月至2015年11月就诊于兰州大学第二医院高血压病科的高血压患者118例,女性51例,男性67例,年龄 58.62 ± 8.31 岁。依据绝经年限,女性患者分为两组:(1)近期绝经组:25例,年龄 52.20 ± 3.70 岁,绝经年限小于5年;(2)远期绝经组:26例,年龄 65.15 ± 5.92 岁,绝经年限大于5年。同时分别纳入与上述两组年龄一致的男性高血压患者作为对照:(1)近期对照组:34例,年龄 51.62 ± 4.26 岁;(2)远期对照组:33例,年龄 65.55 ± 5.23 岁。

1.1.2 纳入标准 (1)既往或近期诊断为高血压病的患者,规律服用抗高血压药物,高血压的诊断标准为:收缩压 ≥ 140 mmHg和(或)舒张压 ≥ 90 mmHg^[13];(2)自然绝经的女性患者,及同年龄段的男性患者。

1.1.3 排除标准 继发性高血压:肾实质性高血压、肾血管性高血压、原发性醛固酮增多症、嗜铬细胞瘤、皮质醇增多症、主动脉缩窄、肾素分泌瘤等;冠心病、严重心律失常、肾病和其他心、脑、肝、肾和造血系统等严重原发疾病;影响脉压的疾患:主动

脉瓣关闭不全、风湿性心瓣膜病、甲状腺功能亢进、重度贫血、先天性心脏病等。

1.2 一般资料采集

所有入选对象均登记年龄、性别、月经生育史、高血压病史及近期服用的抗高血压药物。测量身高、体重、腰围,计算体质指数(body mass index, BMI)。

1.3 血压测量

采用欧姆龙电子血压计,对肱动脉收缩压(systolic blood pressure, SBP)、舒张压(diastolic blood pressure, DBP)、脉压(pulse pressure, PP)及心率(heart rate, HR)进行准确记录,至少测量2次,平均值作为测量结果。如果SBP或DBP的2次读数相差5 mmHg以上,应再次测量,以3次读数平均值作为测量结果。

使用Sphygmocor脉搏波分析系统,患者取坐位,测量中心动脉收缩压(central systolic blood pressure, cSBP)、中心动脉舒张压(central diastolic blood pressure, cDBP)、中心动脉脉压(central pulse pressure, cPP)、增益压(augmentation pressure, AP)和反射波增益指数(central aortic pressure augmentation index, AIx)及75次心率增益指数校正指数(augmentation index adjusting for a heart rate of 75 beats/min, AIx75HR),若操作者指数 ≤ 80 则重新测量。

1.4 脉搏波传导速度测定

使用Sphygmocor脉搏波分析系统测定颈动脉脉搏波传导速度(carotid-femoral pulse wave velocity, cfPWV)。测量前受试者全身放松,静息5 min,平卧并保持正常呼吸,头转向被检查侧对侧,首先用皮尺测量颈、股动脉搏动最强点间距离并输入计算机,将压力感受器置于颈动脉和股动脉搏动最明显处,记录脉搏波形,自动记录传导时间并测量脉搏波速度。

1.5 雌激素、孕激素及生物化学指标检测

检测女性患者血浆雌二醇、孕激素水平。检测所有患者的空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)水平和血浆总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯

(triglyceride, TG)、高密度脂蛋白 (high density lipoprotein, HDL)、低密度脂蛋白 (low density lipoprotein, LDL) 水平。

1.6 统计学方法

采用 SPSS 16.0 软件进行统计分析。计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 计数资料采用百分数表示。采用方差分析、*t* 检验进行组间比较。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本研究总共纳入原发性高血压患者 118 例, 全部完成一般项目检查; 其中 4 名患者的 cfPWV 因为室性早搏等心律失常原因而无法测量。

2.1 近期绝经组与近期对照组比较

近期绝经组 (女性患者) 与近期对照组 (男性患者) 比较, 两组年龄一致, 近期绝经组身高、体重、腰围小于近期对照组 ($P < 0.05$), HDL 高于近期对照组 ($P = 0.012$)。近期绝经组 SBP ($P = 0.024$)、DBP ($P = 0.007$)、cDBP ($P = 0.007$) 均低于近期对照组; 说明对于绝经年限相对较短的女性, 其外周血压和

cDBP 均低于同龄男性。近期绝经组 AP、AIx、AIx75HR 均大于近期对照组, 而 cfPWV 小于近期对照组, 但除了 AIx75HR ($P = 0.045$) 外其余均无统计学意义。说明绝经年限小于 5 年的女性患者, 其外周血压、中心动脉压及动脉硬化程度较同龄男性组略低, 尽管女性绝经后雌激素水平逐渐降低, 但其仍可维持对心血管的保护作用 (表 1)。

2.2 远期绝经组与远期对照组比较

远期绝经组 (女性患者) 与远期对照组 (男性患者) 比较, 两组年龄无差别, 远期绝经组身高、体重、腰围及 FBG 水平均低于远期对照组 ($P < 0.05$), TC 水平高于远期对照组 ($P = 0.048$)。远期绝经组 SBP ($P = 0.010$)、PP ($P = 0.001$)、cSBP ($P = 0.017$)、cPP ($P = 0.002$) 均高于远期对照组。远期绝经组 AP ($P = 0.045$)、AIx75HR ($P = 0.007$) 均高于远期对照组; AIx、cfPWV 亦高于远期对照组, 但差异无统计学意义。说明绝经年限较长的女性, 其外周血压、中心动脉压及动脉硬化程度均高于同龄男性, 随着年龄的增长, 雌激素缺乏的逐渐加重, 使女性的心血管疾病进展程度要比同龄男性严重 (表 1)。

表 1. 近期绝经组与近期对照组、远期绝经组与远期对照组各指标比较

Table 1. Comparison of various indexes between short-term menopause group and short-term control group, between long-term menopause group and long-term control group

项 目	近期绝经组	近期对照组	远期绝经组	远期对照组
年龄 (岁)	52.20±3.70	51.62±4.26	65.15±5.23	65.55±5.23
身高 (cm)	160.96±5.65 ^a	171.29±5.88	159.96±5.11 ^b	170.70±5.62
体重 (kg)	63.80±11.64 ^a	77.26±10.12	63.62±10.55 ^b	73.30±5.96
BMI (kg/m ²)	24.99±4.43	26.25±2.47	24.40±2.63	25.37±2.04
腰围 (cm)	87.44±11.50 ^a	95.85±8.49	87.08±9.91 ^b	94.36±8.70
FBG (mmol/L)	5.91±1.95	6.98±3.24	5.43±1.22 ^b	6.69±2.46
TC (mmol/L)	4.14±0.91	4.38±0.83	4.51±1.10 ^b	3.98±0.90
TG (mmol/L)	1.67±0.72	2.31±1.16	1.83±0.84	1.58±0.83
HDL (mmol/L)	1.24±0.30 ^a	1.03±0.32	1.35±0.67	1.20±0.35
LDL (mmol/L)	2.85±0.82	2.84±0.82	3.04±0.84	2.77±0.99
SBP (mmHg)	143.53±17.66 ^a	152.68±12.61	156.19±14.49 ^b	146.88±12.17
DBP (mmHg)	85.32±15.03 ^a	94.59±10.55	85.31±11.37	86.67±9.85
PP (mmHg)	58.24±13.03	58.12±11.17	71.15±13.68 ^b	60.18±9.84
HR (mmHg)	71.16.10±11.02	71.62±12.66	73.50±13.68	71.25±12.39
cSBP (mmHg)	134.24±17.30	141.47±12.67	143.65±12.10 ^b	135.36±13.46
cDBP (mmHg)	86.72±14.86 ^a	95.88±10.20	86.46±11.59	86.45±10.03
cPP (mmHg)	47.52±11.33	45.59±9.30	57.19±12.34 ^b	47.61±10.77
AP (mmHg)	17.08±7.61	13.29±7.35	17.85±7.81 ^b	13.85±7.15
AIx	34.80±10.52	29.31±12.55	32.38±9.15	27.52±11.86
AIx75HR	32.88±9.23 ^a	27.31±10.56	31.50±7.95 ^b	25.33±8.77
cfPWV (m/s)	8.59±2.44	8.65±1.81	9.60±2.01	9.53±1.94

a 为 $P < 0.05$, 与近期对照组比较; b 为 $P < 0.05$, 与远期对照组比较。

2.3 近期绝经组与远期绝经组性激素水平比较

与远期绝经组相比,近期绝经组血浆雌二醇及孕激素水平较高,雌二醇差异具有统计学意义($P=0.043$;表2),但是当校正年龄之后,二者的差异均无统计学意义($P=0.917$ 、 $P=0.625$),这也是符合绝经后女性激素水平变化的客观规律的,绝经后女性随着年龄的延长,绝经年限也进一步延长,所以激素水平也逐渐减低。因此年龄对激素水平影响,便是绝经年限对于激素水平的影响,说明对于绝经年限较短的女性患者,体内雌激素缺乏的情况较轻,雌激素对心血管的保护作用尚未完全减退,故与同龄男性相比,近期绝经组女性外周血压及中心动脉压较低。

表 2. 近期绝经组与远期绝经组性激素水平比较

Table 2. Comparison of sex hormones levels between short-term menopause group and long-term menopause group

项 目	近期绝经组	远期绝经组
绝经年限(年)	2.40±1.89 ^a	16.35±6.07
雌二醇(ng/L)	24.32±23.71 ^a	14.52±4.23
孕激素(μg/L)	0.368±1.018	0.099±0.123

a 为 $P<0.05$,与远期绝经组比较。

3 讨 论

既往流行病学调查发现,雌激素对女性心血管系统有一定的保护作用,而这一有益作用被证明与雌激素激活一氧化氮介导的血管舒张功能^[14]、抑制肾素血管紧张素介导的血管收缩及调节氧化应激系统的平衡有关^[15-19]。然而,对于绝经后女性,雌激素已处在相对缺乏的阶段,但是其心血管疾病发病率仍因绝经年限的长短而有差异。上海一项涉及 4049 名 40~70 岁女性的心血管疾病危险因素的队列研究发现,在控制了年龄因素以后,绝经年限与心血管疾病的危险因素呈正相关,随着绝经年限的增长,女性心血管疾病危险因素的聚集程度越高,而聚集程度在绝经年限大于 5 年的人群中相对较高^[8]。Cho 等^[9]一项研究也发现,绝经年限超过 5 年的女性,其血压升高、血脂紊乱的发生率将超过绝经年限小于 5 年的女性。绝经后女性雌激素并非骤然消失,而是逐渐减少的过程,雌激素对心血管的保护作用大约可持续至绝经后 5 年^[8,11,20-21]。盎格鲁-斯堪地纳维亚心脏终点试验(Anglo-Scandinavian cardiac outcome trial,ASCOT)表明:中心动脉压对心血管疾病发生和发展的预测要优于外

周肱动脉压^[22];另有研究发现:中心动脉压是预测心血管风险的重要因子,比外周动脉压对临床终点事件更有预测价值^[23]。既往研究也发现,对于动脉血管硬化的评估和预测,PWV 值越高,则动脉壁的僵硬程度越严重^[24-26],并且与心脑肾等靶器官的损害有密切的联系^[27-28]。而 AIx 为反射波增压与脉压的比值,可以较敏感的反应动脉壁弹性减退和血管硬化。

许多研究表明,一般情况下,无论是高血压患者还是血压正常的人群,中心动脉收缩压和脉压显著低于相应的肱动脉血压,而中心动脉舒张压和肱动脉舒张压却并无显著差异^[29-32]。此次试验中,也再次证明了这个观点。本次试验同时也表明,对于绝经年限小于 5 年的高血压女性患者,其外周血压与中心动脉压均要低于同龄男性,且差异具有统计学意义。但是在绝经年限大于 5 年的女性患者中,相比同龄男性,其 SBP、cSBP 均处于较高水平,且差异都具有统计学意义。因此绝经年限长短不同的女性患者,与同龄男性相比,其外周血压及中心动脉压发生了显著的变化。同时绝经年限较短的女性患者,其雌二醇及孕激素水平均高于绝经年限较长的女性患者,证明绝经年限较短的女性患者,因其体内雌激素水平仍处于可以维持其对心血管的保护作用,故这一保护作用使得绝经年限较短的女性患者中心动脉压处于较低水平。但是在绝经年限较长的女性患者中,其 DBP、cDBP 要低于同龄男性,这可能与绝经年限较长的女性患者其大动脉硬化导致大动脉对血压波动的缓冲作用减弱有关。

外周肱动脉 PP、中心动脉 cPP、AP、AIx、AIx75HR 及 cPWV 是评价动脉弹性功能的指标。PP 作为大动脉硬化的指标,被认为能比 SBP、DBP 更早预测心血管事件的风险^[33]。Luoto 等^[34]研究发现,绝经年龄较早的女性(<45 岁)相比于绝经年龄较晚的女性(>45 岁),她们的 PP 会处于更高的水平;同时更早的研究也发现,在调整了年龄和血压之后,年轻男性的 PP 水平普遍高于同龄女性,而这一现象将会随着女性绝经期的到来而消失^[16,35]。说明雌激素对动脉硬化有一定的缓解作用。此次研究也发现中心动脉 cPP 在女性患者要高于男性患者,不管是近期绝经组还是远期绝经组,但是只有远期绝经组的差异有意义;说明绝经后雌激素的逐渐缺乏会使其保护作用减弱,随着绝经年限的延长,动脉硬化会更严重。他人的研究^[36]也显示,随着绝经后女性年龄增加,其大动脉硬化程度的增加幅度显著大于同龄男性,表明雌激素保护作用的逐

渐缺乏在女性心血管疾病的发生发展过程中有不可忽视的影响。AIx、AIx75HR 明显受到包括性别、体重、身高、心率等若干因素的影响。男性和女性的桡动脉 AIx 之间存在差异,女性的桡动脉 AIx 比男性高^[37-40]。此次试验再次证明了这一观点,不管是绝经年限大于 5 年的女性患者,或是绝经年限小于 5 年的女性患者,AIx、AIx75HR 皆高于同龄男性,且绝经年限大于 5 年的女性患者升高更明显,这可能与随着绝经年限的增加,日益严重的雌激素缺乏引起血管内皮细胞氧化应激的激活而导致动脉硬化有关;但反映动脉硬化的金指标 cPWV 却无明显差异,这可能是不同指标在反映动脉硬化的某些方面存在一定的差别。

本次试验为横断面研究,且样本量有限,对于绝经女性高血压患者的中心动脉压及动脉硬化参数仅做了初步探讨,更深层次的研究有待大规模临床试验阐明。

[参考文献]

- [1] 陈岩,任守凤. 绝经期妇女雌激素水平与高血压的相关性分析[J]. 中国实用医药, 2007, 2(17): 34.
- [2] 顾颖,徐明娟. 女性绝经后雌激素和雄激素改变与高血压关系的探讨[J]. 中国妇幼保健, 2013, 28(24): 4069-071.
- [3] Cannoletta M, Cagnacci A. Modification of blood pressure in postmenopausal women: Role of hormone replacement therapy[J]. Int J Wom Heal, 2014, 6(1): 745-757.
- [4] Wu L, He Y, Jiang B, et al. Trends in prevalence, awareness, treatment and control of hypertension during 2001-2010 in an urban elderly population of china[J]. PLoS One, 2015, 10(8): e0132814.
- [5] Tostes RC, Nigro D, Fortes ZB, et al. Effects of estrogen on the vascular system[J]. Braz J Med Biol Res, 2003, 36(9): 1143-158.
- [6] Mori T, Kai H, Kajimoto H, et al. Enhanced cardiac inflammation and fibrosis in ovariectomized hypertensive rats: A possible mechanism of diastolic dysfunction in postmenopausal women [J]. Hypertens Res, 2011, 34(4): 496-502.
- [7] Zhao Z, Wang H, Jessup JA, et al. Role of estrogen in diastolic dysfunction[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2014, 306(5): H628-H640.
- [8] 周俊,周京敏,金雪娟,等. 上海心脏健康研究队列中 40~70 岁女性年龄、绝经年限与心血管病危险因素聚集关系探讨[J]. 内科理论与实践, 2012, 7(5): 348-351.
- [9] Cho GJ, Lee JH, Park HT, et al. Postmenopausal status according to years since menopause as an independent risk factor for the metabolic syndrome[J]. Menopause, 2008, 15(3): 524-529.
- [10] Zhou Y, Zhou X, Guo X, et al. Prevalence and risk factors of hypertension among pre- and post-menopausal women: A cross-sectional study in a rural area of northeast china[J]. Maturitas, 2015, 80(3): 282-287.
- [11] Vitale C, Mercurio G, Cerquetani E, et al. Time since menopause influences the acute and chronic effect of estrogens on endothelial function[J]. Arterioscler Thromb Vasc Biol, 2008, 28(2): 348-352.
- [12] Agabiti-Rosei E, Mancia G, O'Rourke MF, et al. Central blood pressure measurements and antihypertensive therapy: A consensus document[J]. Hypertension, 2007, 50(1): 154-160.
- [13] 刘力生. 中国高血压防治指南 2010[J]. 中华高血压杂志, 2011, 19(8): 701-743.
- [14] 郭长磊,刘应才. 雌激素的血管舒张机制研究进展[J]. 中华高血压杂志, 2008, 16(1): 10-12.
- [15] Wynne FL, Payne JA, Cain AE, et al. Age-related reduction in estrogen receptor-mediated mechanisms of vascular relaxation in female spontaneously hypertensive rats [J]. Hypertension, 2004, 43(2): 405-412.
- [16] Arnett DK, Evans GW, Riley WA. Arterial stiffness: A new cardiovascular risk factor? [J]. Am J Epidemiol, 1994, 140(8): 669-682.
- [17] Lee JS, Hayashi K, Mishra G, et al. Independent association between age at natural menopause and hypercholesterolemia, hypertension, and diabetes mellitus: Japan nurses' health study[J]. J Atheroscler Thromb, 2013, 20(2): 161-169.
- [18] Hildreth KL, Kohrt WM, Moreau KL. Oxidative stress contributes to large elastic arterial stiffening across the stages of the menopausal transition[J]. Menopause, 2014, 21(6): 624-632.
- [19] 吴海英,芦殿香. 雌激素受体与高血压和心血管疾病研究进展[J]. 医学综述, 2011, 17(18): 2740-742.
- [20] Staessen J, Bulpitt CJ, Fagard R, et al. The influence of menopause on blood pressure [J]. J Hum Hypertens, 1989, 3(6): 427-433.
- [21] Bittner V. Menopause, age, and cardiovascular risk: A complex relationship[J]. J Am Coll Cardiol, 2009, 54(25): 2374-375.
- [22] Williams B, Lacy PS, Thom SM, et al. Differential impact of blood pressure-lowering drugs on central aortic pressure and clinical outcomes: Principal results of the conduit artery function evaluation (cafe) study[J]. Circulation, 2006, 113(9): 1213-225.
- [23] Vlachopoulos C, Aznaouridis K, O'Rourke MF, et al. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality

- with central haemodynamics; a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Heart J*, 2010, 31 (15): 1865-871.
- [24] Wang KL, Cheng HM, Sung SH, et al. Wave reflection and arterial stiffness in the prediction of 15-year all-cause and cardiovascular mortalities: A community-based study [J]. *Hypertension*, 2010, 55(3): 799-805.
- [25] 薛莉, 梁婷. 踝臂指数、臂踝脉搏波传导速度及高敏C反应蛋白在冠心病诊断中的临床意义[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2010, 18(6): 479-482.
- [26] 林铮, 王振华, 吴玉塘. 臂踝脉搏波传导速度及踝臂指数对高血压患者早期动脉硬化的诊断价值[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2015, 23(11): 149-152.
- [27] Asmar R, Benetos A, Topouchian J, et al. Assessment of arterial distensibility by automatic pulse wave velocity measurement: Validation and clinical application studies [J]. *Hypertension*, 1995, 26(3): 485-490.
- [28] 梁有峰, 杨春, 周琪, 等. 高血压患者动态动脉硬化指数与左心室舒张功能的相关性[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2016, 24(6): 599-602.
- [29] Sharman J, Stowasser M, Fassett R, et al. Central blood pressure measurement may improve risk stratification [J]. *J Hum Hypertens*, 2008, 22(12): 838-844.
- [30] Rosenwasser RF, Shah NK, Smith SM, et al. Baseline predictors of central aortic blood pressure: A pear substudy [J]. *J Am Soc Hypertens*, 2014, 8(3): 152-158.
- [31] Trudeau L. Central blood pressure as an index of antihypertensive control: Determinants and potential value [J]. *Can J Cardiol*, 2014, 30(5): S23-S28.
- [32] Tabara Y, Takahashi Y, Kawaguchi T, et al. Association of serum-free fatty acid level with reduced reflection pressure wave magnitude and central blood pressure: The nagahama study [J]. *Hypertension*, 2014, 64(6): 212-218.
- [33] Franklin SS, Khan SA, Wong ND, et al. Is pulse pressure useful in predicting risk for coronary heart disease? --The framingham heart study [J]. *Circulation*, 1999, 100(4): 354-360.
- [34] Luoto R, Sharrett AR, Eigenbrodt M, et al. Pulse pressure and age at menopause [J]. *BMC Wom Heal*, 2002, 2(1): 6.
- [35] van der Schouw YT, van der Graaf Y, Steyerberg EW, et al. Age at menopause as a risk factor for cardiovascular mortality [J]. *Lancet*, 1996, 347(9003): 714-718.
- [36] Safar ME, Fournier A. Letter by safar and fournier regarding article--"differential impact of blood pressure-lowering drugs on central aortic pressure and clinical outcomes: Principal results of the conduit artery function evaluation (cafe) study" [J]. *Circulation*, 2006, 114(15): e539.
- [37] London GM, Guerin AP, Pannier B, et al. Influence of sex on arterial hemodynamics and blood pressure: Role of body height [J]. *Hypertension*, 1995, 26(3): 514-519.
- [38] Laurent P, Albaladejo P, Blacher J, et al. Heart rate and pulse pressure amplification in hypertensive subjects [J]. *Am J Hypertens*, 2003, 16(5 Pt 1): 363-370.
- [39] Wing LM, Reid CM, Ryan P, et al. Second australian national blood pressure study (anbp2): Australian comparative outcome trial of ace inhibitor- and diuretic-based treatment of hypertension in the elderly [J]. *Clin Exp Hypertens*, 1997, 19(5-6): 779-791.
- [40] Kohara K, Tabara Y, Oshiumi A, et al. Radial augmentation index: A useful and easily obtainable parameter for vascular aging [J]. *Am J Hypertens*, 2005, 18(1 Pt 2): 11s-14s.

(此文编辑 曾学清)