

颈股脉搏波传导速度与冠状动脉病变程度的相关性

张翔, 康宏, 路宁, 党林林, 姚亚丽

(兰州大学第一医院心内科, 甘肃省兰州市 730000)

[关键词] 颈股脉搏波传导速度; 冠状动脉病变; Gensini 评分; 相关性

[摘要] **目的** 评价颈股脉搏波传导速度(cfPWV)与冠状动脉病变程度(Gensini 评分)之间的相关性及其预测价值。**方法** 收集冠状动脉造影(CAG)患者 232 例,根据 CAG 结果和 Gensini 评分分为对照组、低分组和高分组。采集其基本信息、实验室指标、超声及造影等资料。比较各组一般资料的差异。多因素分析采用 Linear 回归模型。采用受试者工作特征曲线(ROC)评价 cfPWV 对 Gensini 评分 ≥ 30 分的预测价值。**结果** (1)低分组与对照组之间年龄、性别、高血压病史、高脂血症史、总胆固醇、心肌缺血、cfPWV、颈动脉内膜中膜厚度(IMT)、Gensini 评分存在统计学差异($P < 0.05$)。高分组与对照组之间吸烟史、糖尿病史、体质指数(BMI)、收缩压(SBP)、空腹血糖(FBG)、甘油三酯、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、同型半胱氨酸(Hcy)、踝臂指数(ABI)、斑块指数(PI)存在统计学差异($P < 0.05$)。高分组与低分组之间年龄、吸烟史、饮酒史、糖尿病史、BMI、SBP、FBG、LDL-C、Hcy、心肌缺血、cfPWV、ABI、IMT、PI、Gensini 评分存在统计学差异($P < 0.05$)。(2)Linear 回归模型显示,cfPWV、IMT、BMI、ABI、Hcy、高血压病史都是影响 Gensini 评分的独立因素。(3)以 cfPWV 水平所绘制的 ROC 曲线下面积为 0.834(95%CI:0.783~0.885, $P < 0.001$),cfPWV 预测 Gensini 评分 ≥ 30 分的最佳界值是 12.2m/s(敏感度 87.8%,特异度 72.7%)。**结论** cfPWV 与冠状动脉病变程度明显相关,其对于预测冠状动脉病变严重程度具有一定价值。

[中图分类号] R541.4

[文献标识码] A

The Correlation Between Carotid-femoral Pulse Wave Velocity and Severity of Coronary Artery Lesions

ZHANG Xiang, KANG Hong, LU Ning, DANG Lin-Lin, and YAO Ya-Li

(Department of Cardiology, the First Hospital of Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China)

[KEY WORDS] Carotid-femoral Pulse Wave Velocity; Coronary Artery Lesion; Gensini Score; Correlation

[ABSTRACT] **Aim** To evaluate the correlation between carotid-femoral pulse wave velocity (cfPWV) and the severity of coronary artery lesion (Gensini score) and the predictive value. **Methods** According to the results of coronary angiography and Gensini score, 232 cases were divided into three groups: control group, low score group and high score group. The basic information, laboratory indexes, ultrasound and imaging data were collected. The differences of general data were compared in each group. Linear regression model was used for multivariate analysis. The predictive value of cfPWV to more than 30 points of Gensini score was evaluated by using receiver operating characteristic curve (ROC). **Results** (1) There were significant differences in age, gender, hypertension history, hyperlipidemia history, total cholesterol, myocardial ischemia, cfPWV, carotid intima-media thickness (IMT), Gensini score between low score group and control group ($P < 0.05$). There were significant differences in smoking history, diabetes history, body mass index (BMI), systolic blood pressure (SBP), fasting blood glucose (FBG), triglyceride, low density lipoprotein cholesterol (LDL-C), homocysteine (Hcy), ankle-brachial index (ABI), plaque index (PI) between high score group and control group ($P < 0.05$). There were significant differences in age, smoking history, drinking history, diabetes history, BMI, SBP, FBG, LDL-C, Hcy, myocardial ischemia, cfPWV, ABI, IMT, PI, Gensini score between high score group and low score group ($P < 0.05$). (2) Linear regression model showed that cfPWV, IMT, BMI, ABI, Hcy and hypertension history were the independent factors affecting Gensini scores. (3) The area under the ROC curve drawn by cfPWV

[收稿日期] 2015-10-10

[修回日期] 2015-12-15

[作者简介] 张翔, 硕士, 研究方向为冠心病诊断与治疗、动脉硬化与临床, E-mail 为 zhangx09@163.com。康宏, 硕士, 副主任医师, 研究方向为冠心病介入治疗, E-mail 为 kanghongg@126.com。通讯作者姚亚丽, 硕士, 主任医师, 研究方向为冠心病的诊断与治疗、动脉粥样硬化、心力衰竭机制与治疗, E-mail 为 yaoyalif@163.com。

level was 0.834 (95%CI: 0.783-0.885, $P < 0.001$), and the optimal boundary value of cfPWV in predicting more than 30 points of Gensini score was 12.2 m/s (sensitivity was 87.8%, specificity was 72.7%). **Conclusion** The cfPWV is significantly correlated with the severity of coronary artery lesion, and it has a certain value in predicting the severity of coronary artery disease.

2007年欧洲心脏病学会(European Society of Cardiology, ESC)及欧洲高血压学会(European Society of Hypertension, ESH)高血压指南把血管弹性功能的评价作为亚临床器官损害和药物治疗效果评价指标之一,并认为脉搏波速度(pulse wave velocity, PWV)是反映大动脉弹性状况的良好指标^[1]。2013年ESC/ESH高血压管理指南在此基础上调整了颈股脉搏波传导速度(carotid-femoral pulse wave velocity, cfPWV)预测靶器官损害的界值^[2]。研究表明外周动脉僵硬度与冠状动脉钙化、冠心病发病率、Framingham危险评分、以及心血管死亡率之间的相关性比主动脉僵硬度差^[3]。臂踝脉搏波传导速度受外周动脉的影响较cfPWV大^[4],而cfPWV作为评估中心动脉硬化的“金标准”^[5],近来发现其升高是多种心血管事件的独立危险因素,是全因死亡率的预测指标^[6-7]。Gensini评分法对冠状动脉狭窄的解剖学特征和心脏功能作出了更为精确的分层,在评价冠状动脉病变的严重程度上较其他评分法更敏感,评价步骤更详细^[8]。本研究首次分析了cfPWV与Gensini评分之间的相关性,并评估cfPWV预测冠状动脉病变程度的价值。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选择2014年11月1日到2015年7月31日在我院心脏中心行冠状动脉造影(coronary angiography, CAG)患者232例,平均年龄 63.78 ± 8.58 岁,其中男性172例(74.1%),女性60例(25.9%)。74例CAG显示未见 $\geq 50\%$ 狭窄作为对照组,其余158例患者依据Gensini评分分为低分组(< 30 分, $n = 76$)和高分组(≥ 30 分, $n = 82$)。入选标准:无CAG禁忌症的患者均可纳入。排除标准:(1)既往曾行经皮冠状动脉介入术;(2)既往曾行冠状动脉旁路移植术;(3)伴有主动脉狭窄或关闭不全;(4)诊断为主动脉瘤;(5)严重心功能不全(左心室射血分数 $\leq 30\%$);(6)肢体动脉闭塞。

1.2 一般资料采集

采集患者基本信息,包括年龄、性别、吸烟史、饮酒史、糖尿病史、高血压病史等。患者吸烟 ≥ 1

根/日,1年以上为有吸烟史;饮酒 ≥ 2 两/日,5年以上为有饮酒史。糖尿病诊断按《中国2型糖尿病防治指南(2010版)》标准^[9];高血压诊断按《中国高血压防治指南2010》标准^[10]。测定体质指数(body mass index, BMI)。心电图检查有无心肌缺血。空腹抽取静脉血检测生物化学指标,包括空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglyceride, TG)、高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDLC)、低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein cholesterol, LDLC)、同型半胱氨酸(homocysteine, Hcy)。

1.3 脉搏波速度检测

采用法国Colson动脉硬化检测系统进行测定。检查前受试者禁烟酒和食物超过3h,在温度适宜、安静的房间里取仰卧位,休息15min以上^[4]。使用皮尺分别测量颈动脉到桡动脉、股动脉和足背动脉的体表垂直距离,输入计算机,然后将压力感受器置于右侧颈动脉、桡动脉、足背动脉和股动脉搏动最明显处,仪器自动连续记录16个PWV测值,舍弃3个最大值和3个最小值,留10个测值,取其平均值,即为PWV的最后测值。以上操作均由同一位经过培训的医师测定。

1.4 冠状动脉造影及Gensini评分

经股动脉或桡动脉穿刺行CAG, CAG用Judkins法。主要观察冠状动脉左主干、左前降支、左回旋支、右冠状动脉及其较大的分支。以冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 作为诊断冠心病的标准。Gensini评分由两位有经验的冠状动脉介入医师进行,两位医师所做Gensini评分结果具有较高的一致性(采用Bland-Altman分析)。Gensini评分^[11]方法见表1。每处病变的积分=狭窄程度评分 \times 病变部位评分,每位患者的积分为各处病变积分的总和。

1.5 其他相关检查

颈动脉超声检查要求患者在静息状态下取平卧位,采用GE Vivid 7型彩色多普勒超声检测仪,检测患者双侧颈外动脉、颈动脉分叉点、颈内动脉起始部位及颈总动脉,连续测量以上8个部位的内膜中膜厚度(intima-media thickness, IMT)3次,取平均值。斑块指数(plaque index, PI)分级:IMT < 1.2 mm

为 0 级;IMT 在 1.2~2.0 mm 之间或仅有 1 个斑块为 1 级;有 1 个或多个斑块,IMT 在 2.1~4.0 mm 之间为 2 级;多个斑块中如有 1 个 IMT>4.1 mm 为 3 级^[12]。上述操作由专业彩色超声医师完成。应用日本科林 VP-1000 进行踝臂指数(ankle-brachial index,ABI)测量,原理是通过测定上臂和踝部的收缩压值,分别计算两侧足背动脉或胫后动脉收缩压与两上臂收缩压的最高值之比,以两侧 ABI 值的低值作为研究对象的 ABI 值。

表 1. Gensini 评分方法

Table 1. Gensini scoring method

狭窄程度	评分	病变部位	评分
1%~25%	1	左主干	5.0
26%~50%	2	左前降支或回旋支近段	2.5
51%~75%	4	左前降支中段	1.5
76%~90%	8	左前降支远段	1.0
91%~99%	16	左回旋支中、远段	1.0
100%(完全闭塞)	32	右冠状动脉小分支	1.0 0.5

1.6 统计学处理

采用 SPSS 22.0 统计软件。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用单因素方差分析。计数资料以率表示,组间比较采用 χ^2 检验。多因素分析采用 Linear 回归模型,以评估 cPWV 及其他因素与冠状动脉病变的相关程度。以 Gensini 评分为应变量,各种危险因素为自变量,对自变量的选入方法为向前法。采用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve,ROC)评价 cPWV 对于 Gensini 评分 ≥ 30 分预测的准确性。并用 Youden 指数确定 cPWV 预测冠状动脉重度病变的最佳切点。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3 组患者一般临床情况比较

3 组间饮酒史、脑卒中史、舒张压(diastolic blood pressure,DBP)、TG、HDLc 无统计学差异($P > 0.05$),其余观察指标在 3 组间比较存在统计学差异($P < 0.05$)。低分组和对照组比较年龄、性别、高血压病史、高血脂病史、TC、心肌缺血、cPWV、IMT、Gensini 评分存在统计学差异($P < 0.05$),高分组和

对照组比较除饮酒史、高血脂史、脑卒中史、DBP、HDLc 外,其余指标存在统计学差异($P < 0.05$)。高分组与低分组比较除性别、高血压史、高血脂史、脑卒中史、DBP、TC、TG、HDLc 外,其余指标存在统计学差异($P < 0.05$;表 2)。

表 2. 3 组基线资料比较

Table 2. Comparison of baseline data in the three groups

项目	对照组 (n=74)	低分组 (n=76)	高分组 (n=82)	P 值
年龄(岁)	60.5±8.1	63.4±7.9 ^b	67.1±8.5 ^{bc}	0.000 ^a
男性(例)	43(58.1%)	65(85.5%) ^b	64(78.0%) ^b	0.000 ^a
吸烟史(例)	35(47.3%)	41(53.9%)	58(70.7%) ^{bc}	0.009 ^a
饮酒史(例)	54(73.0%)	44(57.9%)	32(39.0%) ^c	0.057
糖尿病史(例)	14(18.9%)	13(17.1%)	26(31.7%) ^{bc}	0.020 ^a
高血压史(例)	25(33.8%)	46(60.5%) ^b	53(64.6%) ^b	0.000 ^a
高血脂史(例)	7(9.5%)	19(25.0%) ^b	11(13.4%)	0.025 ^a
脑卒中史(例)	17(23.0%)	18(23.7%)	15(18.3%)	0.668
BMI(kg/m ²)	24.33±2.85	24.78±2.13	25.82±3.61 ^{bc}	0.006 ^a
SBP(mmHg)	137.5±16.4	139.7±17.6	145.9±15.3 ^{bc}	0.005 ^a
DBP(mmHg)	77.4±10.7	79.8±7.6	79.8±9.3	0.191
FBG(mmol/L)	5.37±2.00	5.66±1.90	6.70±2.06 ^{bc}	0.000 ^a
TC(mmol/L)	4.21±0.91	4.74±0.92 ^b	4.83±1.17 ^b	0.000 ^a
TG(mmol/L)	1.43±0.60	1.52±0.56	1.65±0.68 ^b	0.072
HDLc(mmol/L)	1.33±0.33	1.32±0.33	1.36±0.30	0.711
LDLc(mmol/L)	2.68±0.83	2.77±0.76	3.17±0.96 ^{bc}	0.001 ^a
Hcy(μmol/L)	16.59±6.71	18.05±9.08	22.90±10.30 ^{bc}	0.000 ^a
心肌缺血(例)	40(54.1%)	54(71.1%) ^b	70(85.4%) ^{bc}	0.000 ^a
cPWV(m/s)	10.11±1.42	12.46±1.74 ^b	13.76±1.70 ^{bc}	0.000 ^a
ABI	1.12±0.09	1.12±0.09	1.08±0.10 ^{bc}	0.048 ^a
IMT(mm)	0.86±0.18	0.99±0.18 ^b	1.09±0.16 ^{bc}	0.000 ^a
PI	0.86±0.67	1.05±0.69	1.28±0.63 ^{bc}	0.001 ^a
Gensini 评分	3.89±3.77	19.03±5.99 ^b	58.10±26.92 ^{bc}	0.000 ^a

SBP:收缩压(systolic blood pressure)。1 mmHg=0.133 kPa。a 为 $P < 0.05$,3 组之间比较;b 为 $P < 0.05$,与对照组比较;c 为 $P < 0.05$,与低分组比较。

2.2 多因素 Linear 回归分析

3 组间年龄、性别、吸烟史、糖尿病史、高血压病史、高血脂史、BMI、SBP、FBG、TC、LDLc、Hcy、心肌缺血、cPWV、ABI、IMT、PI 存在统计学差异($P < 0.05$)。以 Gensini 评分为应变量,上述所有危险因素作为自变量纳入回归模型。校正了上述混杂因素后,结果显示 cPWV、IMT、BMI、ABI、Hcy、高血压病史都是影响 Gensini 评分的独立因素(表 3)。

2.3 cPWV 预测 Gensini 评分 ≥ 30 分的 ROC 曲线

以 cPWV 值的变化绘制 Gensini 评分 ≥ 30 分的

ROC 曲线,曲线下面积为 0.834 (95% CI: 0.783 ~ 0.885, $P < 0.001$; 图 1)。

表 3. Gensini 评分的多因素 Linear 回归分析

Table 3. Multifactor Linear regression analysis of Gensini score

自变量	β 值	t 值	P 值	95%CI
cfPWV	0.666	14.487	0.000	7.347~9.661
IMT	0.179	4.077	0.000	13.437~38.575
BMI	0.115	2.918	0.004	0.353~1.824
ABI	-0.099	-2.566	0.011	-50.802~-6.666
Hey	0.097	2.500	0.011	0.068~0.528
高血压病史	-0.079	-1.977	0.049	-8.973~-0.115

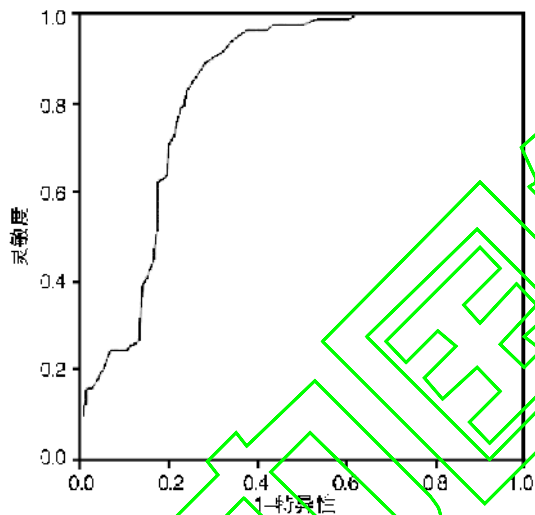


图 1. cfPWV 预测 Gensini 评分 ≥ 30 分的 ROC 曲线

Figure 1. The ROC curve of cfPWV in predicting more than 30 points of Gensini score

2.4 Youden 指数判断 cfPWV 预测 Gensini 评分 ≥ 30 分的最佳界值

最高点的坐标 (12.2, 0.61) 表示 Youden 指数最大值为 0.61, 其所对应的 cfPWV 水平, 即最佳界值为 12.2 m/s (敏感度 87.8%, 特异度 72.7%; 图 2)。

3 讨论

心血管疾病的终末事件是动脉硬化^[7]。PWV 被认为是反映动脉硬化最好的指标^[4]。冠心病是动脉粥样硬化 (atherosclerosis, As) 发展引起器官损

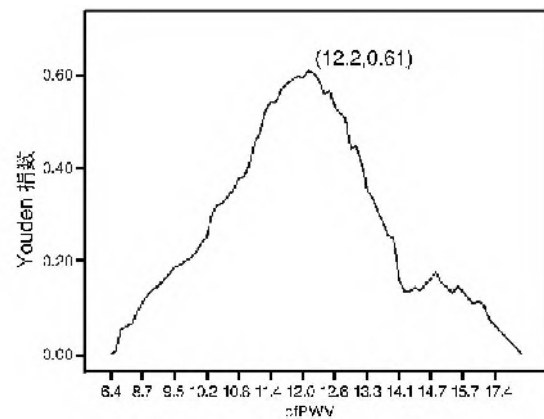


图 2. Youden 指数判断 cfPWV 预测 Gensini 评分 ≥ 30 分的最佳界值

Figure 2. Youden index judges the optimal boundary value of cfPWV in predicting more than 30 points of Gensini score

害的结果,是全身动脉硬化性疾病的一部分。年龄、性别、血脂异常、高血压、吸烟、糖尿病、肥胖等冠心病危险因素通过引起内皮细胞损伤和功能不全而参与冠状 As 的进程。本研究发现,对照组、Gensini 评分低分组和高分组 3 组间随着冠心病危险因素的升高,反映动脉硬化的指标 cfPWV、ABI、IMT、PI 也相应升高,组间差异具有统计学意义。说明可能正是由于这些危险因素才造成了动脉硬化指标的差异,这与刘宇等^[13]的研究结果相似。本研究发现 cfPWV、IMT、BMI、ABI、Hey、高血压病史是 Gensini 评分的独立影响因素。随着 cfPWV 的增加,动脉弹性下降,收缩期的血流前向波和反射波叠加,使得收缩压峰值升高,而舒张压降低,最终脉压差升高,使冠状动脉灌注减少,加重缺血应激,这种缺血应激必然会加重冠状动脉病变程度^[14]。本研究发现 Hey 水平的升高与冠状动脉病变程度的加重显著相关;Hey 促使氧自由基生成,进而损伤和毒害血管内皮细胞,促进平滑肌细胞不断增生,增加泡沫细胞的形成,加速低密度脂蛋白的氧化,并可激活血小板的黏附和聚集,最终导致动脉硬化及冠状动脉病变的加重。多因素 Linear 回归显示高血压病史是影响冠状动脉病变程度的因素之一,可能是高血压引起冠状动脉灌注压升高,使血管壁张力增大,持续的张力增大引起血管内皮损伤,加快弹力纤维的退行性变,同时血管内皮释放大量的血管活性物质(如内皮素 1)和细胞因子,致血管壁增厚僵硬,加重冠状动脉病变程度。As 是一种全身慢性进展性血管性疾病,颈动脉 IMT 在一定程度上可反映 As 病变的范围和程度,ABI 是判断由 As 引起的

下肢动脉狭窄及阻塞的标志,本研究证实两者与冠状动脉病变程度有显著相关性。BMI 反映全身肥胖的情况,肥胖者较非肥胖者分解产生更多的游离脂肪酸,后者促使脂类合成增加,加重 As 程度。

既往研究将 Gensini 评分划分冠状动脉轻重病变的界值设定在 30 分^[15]。本研究中 ROC 曲线下面积为 0.834,表明 cPWV 对 Gensini 评分有中等诊断价值。本研究显示,Gensini 评分 ≥ 30 分相对应 cPWV 的最佳界值为 12.2 m/s(敏感度 87.8%,特异度 72.7%);此界值与陈炳伟等^[16]的报道有差别,且多数研究界值都或多或少存在差异。这可能与以下因素有关:(1) Gensini 评分在评价冠状动脉严重程度的评分方法上更敏感,造成界值的不同;(2) PWV 虽然与磁共振成像对整体动脉系统探测结果有很好的吻合^[6],但它是通过示波器感应体表脉搏,间接反映动脉硬化;一些患者的脉搏较难测得,如代谢综合征、肥胖、糖尿病、外周动脉疾病、胸围大的女性患者^[17];这两方面原因产生的测量误差可能造成界值的不同;(3) 不同种族、饮食结构及环境因素对动脉硬化造成不同的影响;(4) 本研究样本量不大,尚需扩大样本量,确定最佳临界点。

总之,cPWV 作为评估主动脉僵硬度的“金标准”,其与冠状动脉病变程度有明确的相关性,对于预测冠状动脉病变程度具有一定的价值。它可以作为降低心血管疾病风险的一个监测指标。

[参考文献]

- [1] Mansia G, De Backer G, Dominiczak A, et al. 2007 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: The task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) [J]. *Blood Press*, 2007, 16(3): 135-232.
- [2] Mancia G, Fagard R, Narkiewicz K, et al. 2013 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: The task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) [J]. *J Hypertens*, 2013, 31(7): 1 281-357.
- [3] van Sloten TT, Schram MT, van den Hurk K, et al. Local stiffness of the carotid and femoral artery is associated with incident cardiovascular events and all-cause mortality: The hoorn study [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(17): 1 739-747.
- [4] Sugawara J, Hayashi K, Yokoi T, et al. Brachial-ankle pulse wave velocity: An index of central arterial stiffness? [J]. *J Hum Hypertens*, 2005, 19(5): 401-406.
- [5] Xiong Z, Zhu C, Zheng Z, et al. Relationship between arterial stiffness assessed by brachial-ankle pulse wave velocity and coronary artery disease severity assessed by the syntax score [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2012, 19(11): 970-976.
- [6] Cavalcante JL, Lima JA, Redheuil A, et al. Aortic stiffness: Current understanding and future directions [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 57(14): 1 511-522.
- [7] Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C, et al. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: A systematic review and Meta-analysis [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 55(13): 1 318-327.
- [8] 马梅,尹浩群,贾文军,等.不同冠状动脉评分方法评价冠心病严重程度的关系研究 [J]. *中国循环杂志*, 2007, 22(5): 340-342.
- [9] 杨文英,纪立农,陆菊明,等.中国 2 型糖尿病防治指南(2010 年版) [J]. *中国糖尿病杂志*, 2012, 20(1): 81-117.
- [10] 刘力生,吴兆苏,朱鼎良,等.中国高血压防治指南 2010 [J]. *中华心血管病杂志*, 2011, 39(7): 579-616.
- [11] Gensini GG. A more meaningful scoring system for determining the severity of coronary heart disease [J]. *Am J Cardiol*, 1983, 51(3): 606.
- [12] 张秀洲,李文华,宫建刚,等.颈动脉、股动脉内膜-中膜厚度对老年冠心病的诊断价值 [J]. *中国老年学杂志*, 2005, 25(3): 264-265.
- [13] 刘宇,布茂振,李贵才,等.老年人脉搏波速度与颈动脉内膜厚度的相关性 [J]. *中华老年多器官疾病杂志*, 2011, 10(1): 52-55.
- [14] 曲娜,刘晓方,王淑霞,等.脉搏波速度与冠状动脉粥样硬化的关系 [J]. *中国动脉硬化杂志*, 2007, 15(3): 217-220.
- [15] 肖健勇,侯凯,丛洪良,等. Gensini 积分评价老年高血压患者冠状动脉病变与血浆致动脉粥样硬化指数的关系 [J]. *中华高血压杂志*, 2014, 22(06): 545-548.
- [16] 陈炳伟,王志广,党爱民,等.颈股脉搏波传导速度与冠状动脉病变严重程度关系的研究 [J]. *中国循环杂志*, 2015, 30(4): 326-330.
- [17] Van Bortel LM, Duprez D, Starmans-Kool MJ, et al. Clinical applications of arterial stiffness, task force III: Recommendations for user procedures [J]. *Am J Hypertens*, 2002, 15(5): 445-452.

(此文编辑 曾学清)