

# 不同动态血压相关动脉硬化指数与高血压早期肾损害的相关性

郭皓<sup>1</sup>, 袁勇<sup>2</sup>, 郭立<sup>3</sup>

(1. 昆明医科大学附属甘美医院心内科, 云南省昆明市 650011; 昆明医科大学第二附属医院

2. 急诊科, 3. 放射科, 云南省昆明市 650101)

[关键词] 原发性高血压; 动态血压监测; 动脉硬化指数; 肾损害

[摘要] **目的** 探讨四种动态血压相关动脉硬化指数与原发性高血压(EH)患者早期肾损害指标间的相关性和预测早期肾损害能力的优劣。**方法** 选取 253 例 EH 患者为研究对象, 获取四种动态血压相关动脉硬化指数(24h PP、PPI、AASI、S-AASI)和早期肾损害指标(mA1b、eGFR)等。分析四种指数与早期肾功能受损的相关性, 采用 ROC 曲线分析四种指数在预测和评估早期肾功能受损的价值。**结果** 偏相关分析显示, 24h PP、PPI、AASI、S-AASI 与 mA1b/Cr 呈正相关( $r$  分别为 0.470、0.448、0.613 和 0.632,  $P < 0.05$ ); 与 eGFR 呈负相关( $r$  分别为 -0.308、-0.254、-0.399 和 -0.352,  $P < 0.05$ ); 多元回归分析显示, 24h PP、PPI、AASI、S-AASI 是影响 eGFR 的相关因素。四种动态血压相关动脉硬化指数 ROC 曲线下面积从大到小依次为 S-AASI、AASI、24h PP 和 PPI (AUC 分别为 0.692、0.686、0.681 和 0.655), 其诊断的准确度均为中等, 其中 S-AASI 灵敏度最高, 而 PPI 的特异度最高。**结论** 四种动态血压相关动脉硬化指数对 EH 早期肾脏损伤的预测价值相似。

[中图分类号] R5

[文献标识码] A

## Association of Early Renal Impairment with Four Arterial Stiffness Index of Ambulatory Blood Pressure Monitoring in Essential Hypertensive Patients

GUO Hao<sup>1</sup>, YUAN Yong<sup>2</sup>, and GUO Li<sup>3</sup>

(1. Department of Cardiology, Calmette Hospital, Kunming Medical University, Kunming, Yunnan 650011, China; 2. Department of Emergency, 3. Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming, Yunnan 650101, China)

[KEY WORDS] Essential Hypertension; Ambulatory Blood Pressure Monitoring; Arterial Stiffness Index; Renal Impairment

[ABSTRACT] **Aim** To investigate the association of early renal impairment with four arterial stiffness indexes derived from ambulatory blood pressure monitoring (ABPM), and to provide comparison result between parameters in detecting the renal impairment of essential hypertension. **Methods** The 253 essential hypertensive patients were enrolled. The 24 hours mean pulse pressure (24h PP), pulse pressure index (PPI), ambulatory arterial stiffness index (AASI), symmetrical ambulatory arterial stiffness index (S-AASI), urine microalbumin to creatinine (mA1b/Cr) and estimated glomerular filtration rate (eGFR) were collected. Partial correlations and multiple stepwise regression analysis were performed to confirm the relationship between parameters of ABPM and renal lesion. The predictive power of four arterial stiffness parameters for early renal impairment was accessed by ROC curve. **Results** Correlation test showed a significant positively relationship of 24h PP, PPI, AASI, S-AASI with mA1b/Cr ( $r = 0.470, 0.448, 0.613$  and  $0.632$  respectively,  $P < 0.05$ ), and eGFR were negatively correlated with them ( $r = -0.308, -0.254, -0.399$  and  $-0.352$  respectively,  $P < 0.05$ ). Multiple linear regression analysis also showed independent correlation in 24h PP, PPI, AASI, S-AASI with eGFR. Area under ROC curve of S-AASI, AASI, 24h PP and PPI were 0.692, 0.686, 0.681 and 0.655 respectively. The accuracy of the diagnosis was medium. The highest sensitivity was observed for S-AASI and PPI was with the highest specificity. **Conclusion** This study can support the idea that the four arterial stiffness parameters de-

[收稿日期] 2013-07-02

[基金项目] 云南省教育厅重点项目基金(2011Z044);教育部高等学校博士学科专项研究基金(20115317120003)

[作者简介] 郭皓, 博士, 副主任医师, 研究方向为心血管病学, E-mail 为 guohaodoc@163.com. 袁勇, 博士, 副主任医师, 研究方向为急诊医学. 通讯作者郭立, 博士, 副主任医师, 研究方向为心血管影像学, E-mail 为 guolidoc@163.com.

rived from ABPM had the similar ability to estimate hypertensive renal impairment.

动态血压监测(ambulatory blood pressure monitoring, ABPM)可反映血压水平、昼夜变化节律,与心、脑、肾等靶器官损害程度之间有良好的相关性;在研究高血压相关并发症的发病机制方面也具有重要的意义。动态血压相关动脉硬化指数是由 ABPM 衍生出的一系列反映动脉弹性功能的指标,使 ABPM 在临床中的应用范围得到进一步扩展。对称动态动脉硬化指数(symmetrical ambulatory arterial stiffness index, S-AASI)是由 ABPM 衍生出的评估动脉硬化的新指标<sup>[1,2]</sup>。目前在国内外的研究中,关于 S-AASI 与高血压靶器官损害的相关性报道还不多。本研究应用 S-AASI 和 24h 平均脉压(24 hours mean pulse pressure, 24h PP)、动态脉压指数(pulse pressure index, PPI)和动态动脉硬化指数(ambulatory arterial stiffness index, AASI),通过与反映早期肾功能损害的指标间进行相关性分析和诊断效果的比较,探讨 S-AASI 和其他 3 种动态血压相关动脉硬化指数与原发性高血压(essential hypertension, EH)早期肾损害的相关性,以及评估 4 种指数对 EH 早期肾损害预测能力的优劣,为临床使用这 4 种动态血压相关动脉硬化指数提供理论依据。

1 对象和方法

1.1 研究对象

入选 2012 年 3 月至 2013 年 2 月收住昆明市第一人民医院心内科 EH 患者 253 例,男 141 例,女 112 例,年龄 41~88 岁,平均  $66.40 \pm 11.41$  岁。全部患者均符合《中国高血压治疗指南(2010 版)》的 EH 诊断标准;入院时未服用降压药或者已经自行停药 2 周以上;尿常规检查尿蛋白均为阴性;排除疾病:继发性高血压、肝肾功能不全、泌尿系炎症、糖尿病、痛风、甲状腺功能亢进、重度贫血、主动脉瓣狭窄或关闭不全、先天性心脏病、脑血管病、心力衰竭、心房颤动、外周血管疾病等;研究对象均无夜班工作者和不能从事日常活动者。本研究已通过昆明医科大学附属甘美医院伦理委员会的审查,参与研究的对象均知情同意。

1.2 动态血压监测

采用美国 Spacelabs 90207 和 90217 型全自动无创性便携式动态血压监测仪监测受试者 24 h 动态血压。袖带固定遵照血压测量标准中规定的方法。白昼测量时间间隔为 20 min(6:00~23:00 为白

昼),夜间测量时间间隔为 30 min(23:00~6:00 为夜间)。受试者保持与日常活动大体一致。24 h 血压检测次数  $\geq 60$  次,测试的有效血压读数应达到监测次数的 80% 以上。记录完毕后由计算机分析系统处理采集全部有效数据分析得到 24 h 平均收缩压(24h SBP)和 24 h 平均舒张压(24h DBP),并计算 24h PP 和 PPI:  $24h PP = 24h SBP - 24h DBP$ ,  $PPI = 24h PP / 24h SBP$ 。用 ABPM 中记录的每次收缩压和舒张压值,按照线性回归模型计算相关系数( $r$ )和回归系数( $\beta$ )。其中以收缩压为自变量,舒张压为应变量获得  $\beta(D/S)$ ;以舒张压为自变量,收缩压为应变量获得  $\beta(S/D)$ 。参考文献[2]分别计算 AASI 和 S-AASI:  $AASI = 1 - \beta(D/S)$ ,  $SAASI = 1 - [r/\beta(S/D)]$ 。动脉弹性越好, AASI 和 S-AASI 趋向于 0,动脉硬化越重, AASI 越趋向于 1。

1.3 尿微量白蛋白检测

取受试者入院后第一次中段晨尿 5 mL 送化验室,采用免疫比浊法测定尿微量白蛋白(mA1b),同时应用碱性苦味酸法测定尿液中肌酐(creatinine, Cr)含量进行校正,试剂盒均购自日本和光纯药工业株式会社,经联机电脑处理自动求出结果,以 mA1b/Cr(mg/g)表示。

1.4 获取估算的肾小球滤过率

所有入选者空腹抽取静脉血 5 mL,采用碱性苦味酸法测定血清 Cr,试剂盒购自日本和光纯药工业株式会社。采用改良简化 MDRD-方程<sup>5[3]</sup>计算估算的肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR),并用体表面积对 eGFR 值进行标化。

1.5 分组

根据 eGFR 值将患者分为两组,肾小球功能下降组为  $eGFR < 90 \text{ mL/min/1.73 m}^2$  ( $n = 175$ ),肾小球功能正常组为  $eGFR \geq 90 \text{ mL/min/1.73 m}^2$  ( $n = 95$ )。

1.6 生化指标检测和人体测量指标的收集

所有入选者均测定总胆固醇(total cholesterol, TC)、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)、甘油三酯(triglyceride, TG)、空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)、尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)等生物化学指标,测定均在全自动生化分析仪上按照试剂盒标明的方法进行,质控合格。测量身高、体重、腰围,并计算体质指数(body mass index, BMI),  $BMI = \text{体重}/\text{身高}^2$

(kg/m<sup>2</sup>)。

1.7 统计学方法

采用 SPSS 13.0 统计软件包进行统计分析,计数资料以例数或百分比表示,采用  $\chi^2$  检验。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,指标均进行方差齐性检验,若方差齐同采用  $t$  检验,若方差不齐采用  $t'$  检验。两变量间相关性采用偏相关分析;并采用多元线性逐步回归分析四种动态血压相关动脉硬化指数与 eGFR 等相关因素之间的关系。选用 ROC 曲线方法评估四种动态血压相关动脉硬化指数检测早期肾损害的优劣。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

肾小球功能下降组 EH 患者共 174 例,占 68.8%;肾小球功能正常组 EH 患者共 95 例,占 31.2%。两组患者的性别、腰围、血脂、FBG、BUN 比较差异均无统计学意义( $P > 0.05$ );与肾小球功能正常组比较,肾小球功能下降组年龄更大和 BMI 更高,反映早期肾功能结构损伤的指标(mA1b/Cr)和反映肾功能下降的指标(eGFR)都更差( $P < 0.05$ ;表 1)。

2.2 ABPM 指标比较

肾小球功能下降组 24h SBP、24h PP、PPI、AASI、S-AASI 水平均高于肾小球功能正常组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),两组间 24h DBP、动态心率比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ;表 2)。

2.3 偏相关性分析

在控制年龄、BMI 因素后,四种动态血压相关动脉硬化指数与 mA1b/Cr 呈正相关,与 eGFR 呈负相关( $P < 0.05$ );四种动态血压相关动脉硬化指数间两两呈正相关( $P < 0.05$ ),与 24h SBP 也呈正相关

( $P < 0.05$ );24h DBP 与 24h PP 呈正相关( $P < 0.05$ ),与 PPI 呈负相关( $P < 0.05$ ),但与 AASI、S-AASI 不相关( $P > 0.05$ ;表 3)。

表 1. 两组患者一般资料比较( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1. Comparison of general data between the two groups

项 目	肾小球功能下降组 ( <i>n</i> = 174)	肾小球功能正常组 ( <i>n</i> = 79)
年龄 (岁)	67.41 ± 11.26 <sup>a</sup>	64.15 ± 11.48
男/女 (例)	95/79	46/33
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24.46 ± 3.73 <sup>a</sup>	23.16 ± 3.21
腰围 (cm)	86.57 ± 11.25	84.30 ± 11.27
FBG (mmol/L)	4.87 ± 0.40	4.87 ± 0.41
TC (mmol/L)	4.62 ± 1.22	4.73 ± 1.25
TG (mmol/L)	1.72 ± 1.21	1.82 ± 1.33
HDLc (mmol/L)	1.10 ± 0.28	1.14 ± 0.30
LDLC (mmol/L)	2.84 ± 1.05	2.90 ± 1.14
血 Cr (μmol/L)	98.55 ± 14.31 <sup>a</sup>	71.57 ± 8.65
BUN (mmol/L)	5.34 ± 1.36 <sup>a</sup>	4.95 ± 1.46
mA1b/Cr (mg/g)	37.83 ± 16.21 <sup>a</sup>	30.71 ± 12.28
eGFR (mL/min/1.73 m <sup>2</sup> )	69.51 ± 12.39 <sup>a</sup>	110.60 ± 17.26

a 为  $P < 0.05$ ,与肾小球功能正常组比较。

表 2. 两组患者 ABPM 指标比较( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2. Comparison of parameters that derived from AB-PM between the two groups

项 目	肾小球功能下降组	肾小球功能正常组
24h SBP (mmHg)	142.29 ± 15.31 <sup>a</sup>	135.51 ± 15.91
24h DBP (mmHg)	77.08 ± 9.10	76.87 ± 10.09
24h PP (mmHg)	65.21 ± 10.72 <sup>a</sup>	58.63 ± 10.75
PPI	0.46 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.05
AASI	0.43 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.37 ± 0.09
S-AASI	0.25 ± 0.12 <sup>a</sup>	0.17 ± 0.11
动态心率 (次/分)	77.13 ± 7.44	77.91 ± 7.82

a 为  $P < 0.05$ ,与肾小球功能正常组比较。

表 3. 动态血压相关动脉硬化指数与早期肾功能损害指标间的偏相关性分析

Table 3. Partial relationship between arterial stiffness parameters that derived from ABPM and the markers of early renal impairment

项 目	mA1b/Cr	eGFR	24h PP	PPI	AASI	S-AASI	24h SBP	24h DBP
24h PP	0.470 <sup>a</sup>	-0.315 <sup>a</sup>	-	0.781 <sup>a</sup>	0.686 <sup>a</sup>	0.724 <sup>a</sup>	0.806 <sup>a</sup>	0.179 <sup>a</sup>
PPI	0.448 <sup>a</sup>	-0.273 <sup>a</sup>	0.781 <sup>a</sup>	-	0.639 <sup>a</sup>	0.680 <sup>a</sup>	0.264 <sup>a</sup>	-0.466 <sup>a</sup>
AASI	0.613 <sup>a</sup>	-0.369 <sup>a</sup>	0.686 <sup>a</sup>	0.639 <sup>a</sup>	-	0.948 <sup>a</sup>	0.451 <sup>a</sup>	-0.046
S-AASI	0.632 <sup>a</sup>	-0.385 <sup>a</sup>	0.724 <sup>a</sup>	0.680 <sup>a</sup>	0.948 <sup>a</sup>	-	0.473 <sup>a</sup>	-0.053

a 为  $P < 0.05$ 。

2.4 多元线性回归分析

因为四种动态血压相关动脉硬化指数具有高度的相关性,分别使用四种指数为因变量,以 eGFR、年龄、BMI、腰围、TC、TG、HDLc、LDLc、FBG 及动态心率为自变量,通过多元线性逐步回归模型来评估,结果显示:24h PP 与 eGFR ( $\beta = -0.308, P < 0.001$ )、年龄 ( $\beta = 0.162, P < 0.01$ )、FBG ( $\beta = -0.129, P < 0.05$ ) 独立相关, PPI 与 eGFR ( $\beta = -0.254, P < 0.001$ )、年龄 ( $\beta = 0.142, P < 0.05$ ) 独立相关, S-AASI 与 eGFR ( $\beta = -0.399, P < 0.001$ )、年龄 ( $\beta = 0.125, P < 0.05$ )、BMI ( $\beta = -0.150, P < 0.05$ ) 独立相关, AASI 与 eGFR ( $\beta = -0.352, P < 0.001$ )、年龄 ( $\beta = 0.128, P < 0.05$ ) 独立相关。

2.5 四种动态血压相关动脉硬化指数的 ROC 曲线下面积比较

以 eGFR 作为状态变量 (eGFR < 90 mL/min/1.73 m<sup>2</sup> 为切点),四种动态血压相关动脉硬化指数作为检验变量构建 ROC 曲线(图 1)。计算动态血压相关指数的曲线下面积(AUC)、P 值、95% 近似参考可信区间(95% CI)、选择敏感度和特异度之和最大的截断点作为截点值。结果显示:四种动态血压

相关动脉硬化指数 ROC 曲线下面积从大到小依次为 S-AASI、AASI、24h PP 和 PPI,其诊断的准确度均为中等,其中 S-AASI 灵敏度最高,而 PPI 的特异度最高(表 4)。

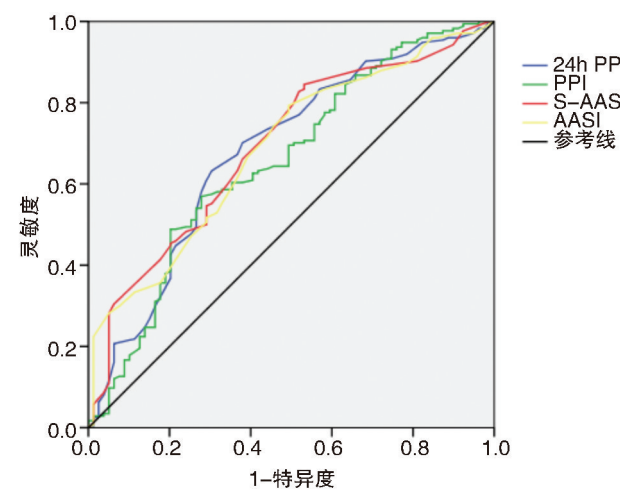


图 1. 四种动态血压相关动脉硬化指数的 ROC 曲线下面积比较  
Figure 1. Area under ROC curve of S-AASI, AASI, 24 h PP and PPI

表 4. 四种动态血压相关动脉硬化指数的 ROC 曲线分析

Table 4. ROC curve analysis of S-AASI, AASI, 24h PP and PPI

指标	AUC (95% CI)	标准误	截点值	灵敏度	特异度	P 值
24h PP	0.681 (0.609 ~ 0.754)	0.037	60 mmHg	0.632	0.696	<0.05
PPI	0.655 (0.580 ~ 0.729)	0.038	0.445	0.569	0.722	<0.05
AASI	0.686 (0.617 ~ 0.755)	0.035	0.345	0.793	0.506	<0.05
S-AASI	0.692 (0.623 ~ 0.762)	0.035	0.100	0.845	0.468	<0.05

3 讨论

早期检测动脉硬化的程度对于预测高血压亚临床期并发症具有非常重要的意义。但是,长期以来一直没有简便、无创、可靠的动脉硬化检测方法,因此临床医生一直期待一种便捷的无创性动脉硬化诊断措施问世。近期在临床上使用了一系列由 ABPM 所获得的数据衍化出的反映整体动脉硬化程度的新指标,包括 24h PP、PPI、AASI 和 S-AASI。研究证实脉压(pulse pressure, PP)增高是心血管疾病的独立危险因子<sup>[4,5]</sup>,然而 PP 增大往往是动脉弹性功能明显减退的晚期标记,不能作为评估动脉弹性功能的敏感指标<sup>[6]</sup>。24h PP 在预测靶器官的损害方面要优于偶测 PP<sup>[7]</sup>。PPI 是 PP 与收缩压之比,因为其克服了 PP 可变性大的缺点,被认为在评估血管顺应性方面是一项更为合理的临床指标<sup>[8]</sup>。

AASI 是利用 ABPM 所获得的一系列收缩压和舒张压的数值进行函数拟合发现的一项反映动脉硬化的新指标<sup>[9]</sup>。有研究报道 AASI 与 PP 呈正相关,而且较 PP 更少依赖血压值和血压变异,是对 PP 预测动脉弹性功能的良好补充,并推荐在评价动脉硬化时应联合使用 AASI、PP 和血压变异等<sup>[10]</sup>。然而有学者指出 AASI 在反映动脉硬化程度和预测靶器官损害时受收缩压和舒张压相关性、年龄、性别、PP 和夜间血压下降等因素的影响,其测量结果存在不稳定性<sup>[9,11]</sup>。S-AASI 是一种较新的改良后的动态动脉硬化指数, S-AASI 值的计算由于引入了对称直线回归方程的概念和使用 *r* 值进行校正,被认为能更准确地检测动脉硬化,在评价与高血压靶器官损害的相关方面可能优于 AASI<sup>[1,2,11]</sup>,但也有作者认为 S-AASI 未显示出优于 AASI<sup>[12]</sup>。因此,上述四种评估动脉硬化的指标在临床使用中的优劣仍然存在



争议。

mAlb/Cr 与 eGFR 是反映 EH 患者早期肾脏结构和功能受损的良好指标。本研究显示肾小球功能下降组 EH 患者的血压值(24h SBP)和动态血压相关的动脉硬化指数(24h PP、PPI、AASI、S-AASI)水平均高于肾小球功能正常组。在校正年龄和 BMI 后发现四个指数与 mAlb/Cr 呈正相关,与 eGFR 呈负相关,多元回归分析支持 24h PP、PPI、AASI、S-AASI 是影响 eGFR 的相关因素,这四种评估动脉硬化指标越高,则高血压患者肾损害的程度就越严重。近年来研究表明 24h PP<sup>[13]</sup>、PPI<sup>[14]</sup>、AASI<sup>[15, 16]</sup>和 S-AASI<sup>[11]</sup>的高低与高血压患者肾功能损害等靶器官损害密切相关,随着动脉硬化程度的增高肾损害程度逐渐加重,本试验与他们的研究结果相一致。目前认为当大动脉硬化时,脉压差增大,血流呈脉冲式地流向动脉分支,这种方式持续存在将导致肾脏小动脉的病变和肾功能降低<sup>[17]</sup>。

为了进一步探讨这四种动态血压相关动脉硬化指数在预测早期肾损害能力的优劣,本研究采用 ROC 曲线分析 24h PP、PPI、AASI 和 S-AASI 与 eGFR 的关系。ROC 曲线可根据曲线的形状和曲线下面积(AUC)对多种诊断试验做定量分析,综合比较和评价同一疾病的多种诊断试验指标的准确性,帮助临床医生筛选出最佳诊断方案。寇惠娟等<sup>[18]</sup>采用 ROC 分析 24h PP、PPI 和 AASI 在中老年 EH 患者中与 eGFR 的关系,发现 ROC 曲线的 AUC 从大到小依次为 AASI、PPI 和 24h PP(AUC 分别为 0.656、0.644、0.636)。本研究结果也显示四个指数对早期肾脏损害的诊断的准确度均为中等,ROC 曲线的 AUC 从大到小依次为 S-AASI、AASI、24hPP 和 PPI(AUC 分别为 0.692、0.686、0.681、0.655),表明四种动态血压相关动脉硬化指数在预测高血压早期肾脏损害的临床应用价值相似。其中 S-AASI 灵敏度优于 24h PP、PPI、AASI,而 PPI 的特异度优于 24h PP、AASI 和 S-AASI,提示联合检测可提高 EH 患者早期肾脏损伤检出的阳性率和特异性。

综上所述,利用 ABPM 所获得的四种动态血压相关动脉硬化指数在一定程度上能反映早期肾功能受损,均是临床预测早期肾脏功能损害的指标,因为无需昂贵检测设备和特殊培训的操作人员,非常适宜在临床实践中推广应用。

## [参考文献]

[1] Ben-Dov IZ, Gavish B, Kark JD, et al. A modified ambulatory arterial stiffness index is independently associated with all-cause mortality[J]. J Hum Hypertens, 2008, 22 (11): 761-766.

- [2] Gavish B, Ben-Dov IZ, Bursztyn M. Linear relationship between systolic and diastolic blood pressure monitored over 24 h: assessment and correlates[J]. J Hypertens, 2008, 26 (2): 199-209.
- [3] 全国 eGFR 课题协作组. DRD 方程在我国慢性肾脏病患者中的改良和评估[J]. 中华肾脏病杂志, 2006, 10 (22): 589-595.
- [4] Haider AW, Larson MG, Franklin SS, et al. Systolic blood pressure, diastolic blood pressure, and pulse pressure as predictors of risk for congestive heart failure in the Framingham Heart Study[J]. Ann Intern Med, 2003, 138 (1): 10-16.
- [5] 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.
- [6] 张维忠. 高血压研究新视点: 脉压与动脉弹性功能[J]. 高血压杂志, 2003, 11 (6): 506-507.
- [7] Khattar RS, Senior R, Swales JD, et al. Value of ambulatory intra-arterial blood pressure monitoring in the long-term prediction of left ventricular hypertrophy and carotid atherosclerosis in essential hypertension[J]. J Hum Hypertens, 1999, 13 (2): 111-116.
- [8] 杨鹏琳, 徐丁修, 张素勤. 脉压指数评价血管硬化的可行性探讨[J]. 中华心血管病杂志, 2002, 30 (6): 334-337.
- [9] Li Y, Wang JG, Dolan E, et al. Ambulatory arterial stiffness index derived from 24-hour ambulatory blood pressure monitoring[J]. Hypertension, 2006, 47 (3): 359-364.
- [10] Li ZY, Xu TY, Zhang SL, et al. Telemetric ambulatory arterial stiffness index, a predictor of cardio-cerebro-vascular mortality, is associated with aortic stiffness-determining factors[J]. CNS Neurol Ther, 2013, 19 (9): 667-674.
- [11] Robles NR, Mena C, Macias R, et al. Symmetrical ambulatory arterial stiffness index: relationship with microalbuminuria and renal function[J]. Eur J Intern Med, 2010, 21 (2): 118-122.
- [12] Kollias A, Stergiou GS, Dolan E, et al. Ambulatory arterial stiffness index: a systematic review and meta-analysis[J]. Atherosclerosis, 2012, 224 (2): 291-301.
- [13] 郭皓, 翟彪, 田青, 等. 动态血压监测在原发性高血压早期肾损害诊断中的临床研究[J]. 中国实用内科杂志, 2007, 17 (27): 1 366-369.
- [14] 裴志勇, 周冬琴, 张爱云, 等. 老年高血压患者动态脉压指数与靶器官损害的关系[J]. 中国全科医学, 2009, 12 (11B): 2 011-014.
- [15] Ratto E, Leoncini G, Viazzi F, et al. Ambulatory arterial stiffness index and renal abnormalities in primary hypertension[J]. J Hypertens, 2006, 24 (10): 2 033-038.
- [16] Mule G, Cottone S, Cusimano P, et al. Inverse relationship between ambulatory arterial stiffness index and glomerular filtration rate in arterial hypertension[J]. Am J Hypertens, 2008, 21 (1): 35-40.
- [17] O'Rourke MF, Safar ME. Relationship between aortic stiffening and microvascular disease in brain and kidney: cause and logic of therapy[J]. Hypertension, 2005, 46 (1): 200-204.
- [18] 寇惠娟, 牟建军. 高血压患者动态脉压相关指数与早期肾脏损害[J]. 中华高血压杂志, 2010, 18 (3): 220-224.

(此文编辑 文玉珊)