

## 心电向量图诊断高血压早期心脏靶器官损害的 临床应用及影响因素

龙佑玲<sup>1)</sup>, 熊田珍<sup>1)</sup>, 盛祖桃<sup>1)</sup>, 周志娴<sup>2)</sup>, 尹蕊<sup>1)</sup>, 苏勇<sup>3)</sup>

(1)昆明市中医医院电生理科; 2)心内科, 云南昆明 650051;  
3)解放军联勤保障部队第九二〇医院干部病房, 云南昆明 650031)

**[摘要]** **目的** 探讨心电向量图(vectorcardiogram, VCG)对高血压心脏电活动异常的诊断价值, 并分析早期心脏靶器官损害的影响因素。**方法** 选取昆明市中医医院心血管病科 2022 年 1 月至 2023 年 2 月的高血压病住院患者 80 例, 经超声心动图(ultrasound cardiogram, UCG)排外心脏结构异常。比较心电图(electrocardiogram, ECG)与 VCG 对异常心室除极与复极指标的检出情况。按心电向量检查结果将 80 例病例分为正常组( $n = 40$ )与异常组( $n = 40$ ), 比较 2 组早期心脏损害的相关影响因素指标, 将差异有统计学意义的因素做二元 Logistic 回归分析, 筛选出早期心脏损害的独立影响因素。**结果** VCG 检出异常心室复极指标较 ECG 有优势( $P < 0.05$ ), 二者对异常除极指标的检出差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。正常组与异常组比较, 在年龄、规律服药、家族史、糖尿病、24 h 平均收缩压(24 h average systolic blood pressure, 24 h SBP)、白昼平均收缩压(daytime average systolic blood pressure, DSBP)、夜间平均收缩压(night average systolic blood pressure, NSBP)、血压负荷值、清晨血压、脉压差等指标上, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。二元 Logistic 回归分析显示, 年龄 [ $OR(95\%CI)=0.891, 0.998$ ]、夜间平均收缩压 [ $OR(95\%CI)=1.018, 2.10$ ]、家族史 [ $OR(95\%CI)=0.029, 0.499$ ]、糖尿病 [ $OR(95\%CI)=0.042, 0.916$ ] 是高血压早期心脏损害的独立影响因素。**结论** VCG 为高血压早期心脏靶器官损害的有效检测手段。

**[关键词]** 早期心脏靶器官损害; 心电活动异常; 心电向量图; 影响因素

**[中图分类号]** R541.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2095-610X(2024)06-0120-06

## The Diagnostic Value Vectorcardiogram the Early Stage Hypertensive Heart Target Organ Damage Analysis Influencing Factors

LONG Youling<sup>1)</sup>, XIONG Tianzhen<sup>1)</sup>, SHENG Zutao<sup>1)</sup>, ZHOU Zhixian<sup>2)</sup>, YIN Rui<sup>1)</sup>, SU Yong<sup>3)</sup>

(1) Dept. of Electrophysiology; 2) Dept. of Cardiovascular, Kunming Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine, Kunming Yunnan 650051; 3) Dept. of Geriatric, 920th Hospital of PLA Joint Logistics Support Force, Kunming Yunnan 650032, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the value of vectorcardiography in the diagnosis of abnormal cardiac electrical activity in hypertension, and to analyze the influencing factors of early cardiac target organ damage. **Methods** 80 cases in the Department of Cardiovascular of Kunming Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine from January 2022 to February 2023, were selected. Cardiac structural abnormalities were excluded by ultrasound cardiogram. The detection of abnormal ventricular depolarization and repolarization indexes was compared between electrocardiogram and vectorcardiogram. 80 cases were divided into normal group ( $n = 40$ ) and abnormal group ( $n = 40$ ) according to the results of vectorcardiogram, the related influencing factors of early cardiac damage

**[收稿日期]** 2024-03-04

**[基金项目]** 昆明市科技局科研基金资助项目(2023-1-NS-005); 昆明市卫健委科技基金资助项目(2022-03-1-003)

**[作者简介]** 龙佑玲(1967~), 女, 贵州石阡人, 医学学士, 主任医师, 主要从事心电图诊断工作。

**[通信作者]** 苏勇, E-mail: [sun999@163.com](mailto:sun999@163.com)

were compared between the two groups, and the indicators with statistical significance were included in the binary Logistic regression analysis to screen out the independent influencing factors of early heart damage. **Results** Vectorcardiogram was superior to ECG in detecting abnormal ventricular repolarization indexes ( $P < 0.05$ ), and there was no significant difference in detecting abnormal depolarization indexes between the two groups ( $P > 0.05$ ). There were significant differences between the normal group and the abnormal group in age, regular medication, family history, diabetes, 24 h average systolic blood pressure (24 h SBP), daytime average systolic blood pressure (DSBP), night average systolic blood pressure (NSBP), blood pressure load, morning blood pressure, and pulse pressure ( $P < 0.05$ ). Binary Logistic regression analysis showed, that age [ $OR (95\% CI) = 0.891, 0.998$ ] and NSBP [ $OR (95\% CI) = 1.018, 2.10$ ], family history [ $OR (95\% CI) = 0.029, 0.499$ ], diabetes [ $OR = 0.042 (95\% CI), 0.916$ ] were the independent influencing factors of early cardiac damage in hypertension. **Conclusion** Vectorcardiogram is an effective method to detect early cardiac target organ damage in hypertension.

[**Key words**] Early heart target organ damage; Abnormal ECG activity; Vectorcardiogram; Influencing factors

高血压左心室肥厚(left ventricular hypertrophy, LVH)是高血压独立危险因素之一。随着社会经济的发展,人们生活方式的改变,高血压的发病率显著上升<sup>[1]</sup>。《国家基层高血压防治管理指南2020版》指出<sup>[2]</sup>,心脑血管疾病已成为我国的首位死亡原因,管理好高血压患者是遏制心脑血管疾病高发及防范恶性心脑血管事件发生的核心策略之一,而早期预警并针对其影响因素及时干预是高血压防治中的1个重要环节。有研究报道,心脏的电活动的异常常早于结构学的异常改变<sup>[3-4]</sup>。笔者在临床实践中也发现,部分高血压患者影像学检查虽显示心脏结构正常,但在心电生理检查中已出现电活动异常的早期心脏损害改变,高血压心电活动异常为心脏靶器官损害的早期阶段。VCG技术以三维立体环状图像描述原始心脏电活动变化,表达心电活动精准,弥补了ECG在2次投影形成过程中部分心电信息丢失的缺陷,具有检出早期心电活动异常的优势。

基于此临床背景,本研究通过探讨VCG对高血压早期心脏靶器官损害的临床应用价值并分析高血压早期靶器官损害的临床影响因素,以期为临床诊治提供依据。建议临床针对早期靶器官损害的影响因素进行早期干预,及时阻断靶器官损害的进展。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

昆明市中医医院心血管病科2022年1月至2023年2月的高血压病住院患者80例,年龄19~89岁,男性31例,女性49例。研究对象符

合高血压诊断标准<sup>[5]</sup>,并经UCG检查心脏结构正常,患者具有良好的依从性,对本研究知情并签署知情同意书。排除肺心病、冠心病、心肌梗死、心肌炎、心肌病等,排除心室预激等继发性复极异常的疾病。所有病例均在本次住院完成ECG、VCG、UCG、动态血压(ambulatory blood pressure, ABP)、血生化等检查。本研究经昆明市中医医院伦理委员会批准[2023伦审(30字)号]。

### 1.2 研究方法

由专人采集病史。进行基本信息、高血压病史、服药情况、家族史、是否合并糖尿病、吸烟史、饮酒史、生活习惯(作息是否规律、是否高盐饮食)等指标的收集。测量身高、体重,按体重/身高<sup>2</sup>计算体重指数。以出现心室除极或/和心室复极异常作为早期心脏靶器官损害的判断标准。按VCG检查结果进行分组,心室除极异常或/和心室复极异常者为异常组,VCG正常者为正常组。

VCG检查:患者平卧放松,按Frank导联标准安置电极,待检测仪显示图形基线走稳后采集心电向量,时长大于20s。排除基线漂移、肌电干扰明显、交流电干扰较大者。除极异常的指标为:(1)起始向量异常应同时具备以下3条:QRS环起始向右向量振幅 $\geq 0.16$  mV、时间 $\geq 22$  ms、起始右前向量振幅 $\geq 0.18$  mV;(2)QRS环空间最大向量振幅 $\geq 2.0$  mV;(3)室内阻滞满足以下其中1项:左前分支阻滞、左后分支阻滞、左中隔支阻滞、左束支阻滞。复极异常的指标为:(1)ST向量异常:方位异常、振幅 $\geq 0.1$  mV满足其中1项;(2)T环异常,满足2项及以上:T环方位异常、运行方向异常、振幅 $< 0.25$  mV<sup>[6]</sup>。

ECG检查:按Wilson导联标准安置电极,图

形采集标准同 VCG。除极异常的指标为：(1)左心室高电压的诊断达到以下标准之一： $R_{V_5}$  或  $R_{V_6} \geq 2.5$  mV,  $R_{V_5}+S_{V_1} \geq 3.5$  mV(女)4.0 mV(男),  $R_I > 1.5$  mV,  $R_{aVL} > 1.2$  mV,  $R_{aVF} > 2.0$  mV,  $R_I+S_{III} > 2.5$  mV,  $R_{aVL}+S_{V_1} > 2.8$  mV(男)2.0 mV(女); (2)室内阻滞满足以下其中1项：左前分支阻滞、左束支阻滞、左后分支阻滞、左中隔支阻滞。复极异常的指标为：(1)相邻2个或以上导联 ST 段下移  $\geq 0.1$  mV; (2)T波异常：相邻2个或以上导联 T波低平、倒置、双向<sup>[7]</sup>。

心电图向量图及心电图的检查设备为河南华南医电 GY-5000A 型立体心电图仪。

### 1.3 统计学处理

应用 SPSS 25.0 软件进行统计学处理。其中符合正态分布的计量资料以均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 采用独立样本 *t* 检验比较。非正态分布者以  $M(P25 \sim P75)$  表示, 采用 2 个独立样本非参数检验比较。计数资料用频数表示并进行卡方检验比较。以  $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。采用卡方检验比较 ECG 与 VCG 对异常心室除极与复极指标的检出情况。按 VCG 检查结果分为正常组 ( $n=40$ ) 与异常组 ( $n=40$ ), 首先对 2 组的观察指标进行单因素统计分析, 将具有统计学意义的指标纳入进行二元 Logistic 回归分析, 筛选出早期心脏靶器官损害的独立影响因素。

## 2 结果

### 2.1 ECG 与 VCG 对异常心室除极与复极指标的检出情况比较

2 项检查在异常心室除极指标的检出上差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), VCG 对异常复极指标的检出优于 ECG, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 见表 1。

### 2.2 正常组与异常组的相关影响因素比较

2 组比较在年龄、规律服药、家族史、糖尿病、24 h SBP、DSBP、NSBP、血压负荷值、清晨血压、脉压差等指标上差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 见表 2。

### 2.3 高血压早期心脏靶器官损害的相关影响因素 Logistic 回归分析

Logistic 回归分析显示, 年龄、NSBP、家族史、糖尿病等指标是高血压早期心脏靶器官损害的独立影响因素, 24 h SBP、DSBP、清晨 SBP、清晨 DBP、SBP 负荷、DBP 负荷、脉压差等指标

表 1 ECG 与 VCG 对异常心室除极与复极指标的检出情况比较

Tab. 1 Comparison of detection of abnormal ventricular depolarization and repolarization indices between ECG and VCG

指标		ECG( <i>n</i> )	VCG( <i>n</i> )	$\chi^2$	<i>P</i>
心室除极	正常	36(45.00%)	33(41.25%)	3.252	0.071
	异常	4(5.00%)	7(8.75%)		
心室复极	正常	63(78.75%)	41(51.25%)	9.756	0.002*
	异常	17(21.25%)	39(48.75%)		

\* $P < 0.05$ 。

不是高血压早期心脏靶器官损害的独立影响因素, 见表 3。

## 3 讨论

随着社会的发展, 高血压的发病率一直居高不下, 并有逐年上升的趋势。据 2018 年发表的全国高血压调查 (china hypertension survey, CHS) 结果显示<sup>[8]</sup>, 我国 18 岁及以上的人群, 高血压患病粗率为 27.9%, 加权患病率为 23.2%, 据此推算, 约每 4 个成人中就有 1 个是高血压患者, 高血压的总患病人数达 2.44 亿人。心脏靶器官损害作为高血压的独立危险因素之一, 早期诊断并及时阻断其进展, 是防治急性心脑血管事件的有效措施。而心脏结构正常、电活动异常可视为心脏靶器官损害的亚临床阶段, 针对此阶段的影响因素进行有效干预, 患者能够在包括生活质量及治疗费用等方面获益。对高血压早期心脏靶器官损害的影响因素分析显示, 年龄、NSBP、家族史、糖尿病为早期心脏靶器官损害的独立影响因素。

### 3.1 年龄影响因素分析

随着年龄的增长, 机体机能出现蜕变、全身血管老化以及粥样硬化加重等, 这些变化通过影响血压的稳定性或直接影响心肌传导、心肌复极等机制导致早期心脏电重构。正常心肌中的胶原主要是 COL I (Collagen I, I 型胶原纤维) 和 COL III (Collagen III, III 型胶原纤维), 其对心肌有支持、连接、营养和功能调整等作用, COL I 和 COL III 型的组织构筑、占比能够直接影响心肌的功能<sup>[9]</sup>。有研究发现<sup>[10]</sup>, 不同年龄大鼠急性心肌梗死后早期胶原纤维的变化, 随着年龄增长呈现梗死区域 COL I、COL III 表达逐渐增多, 心肌细胞逐渐减少的状态。这也是导致高血压心室电重构, 出现早期电活动异常的重要因素。

表2 正常组与异常组的高血压早期心脏靶器官损害相关影响因素的单因素分析( $\bar{x} \pm s$ ) $M(P25, P75)$ Tab. 2 Univariate analysis of influencing factors related to early cardiac target organ damage in hypertensive patients among normal and abnormal groups ( $\bar{x} \pm s$ ) $M(P25, P75)$ 

指标		正常组( $n=40$ )	异常组( $n=40$ )	$t/Z/\chi^2$	$P$
性别	男	13	18	1.371	0.251
	女	27	22		
年龄(岁)		51.13±12.42	58.78±15.25	2.460	0.016*
体重指数(kg/m <sup>2</sup> )		23.61(21.21 ~ 25.58)	23.95(22.16 ~ 26.35)	1.386	0.166
高血压病史(a)	≥5	16	14	0.213	0.644
	<5	24	26		
规律服药	是	19	29	5.208b	0.022*
	否	21	11		
家族史	有	14	27	8.455	0.004*
	无	26	13		
糖尿病	是	9	18	4.528	0.033*
	否	31	22		
吸烟史	有	12	9	0.581	0.446
	无	28	31		
饮酒史	有	6	5	0.105	0.745
	无	34	35		
作息规律	是	35	35	0.000	1.000
	否	5	5		
高盐饮食	是	14	11	0.524	0.469
	否	26	29		
24 h SBP(mmHg)		116.03±11.14	125.25±16.86	2.887	0.005*
24 h DBP(mmHg)		70.48±9.81	74.33±10.35	1.707	0.092
DSBP(mmHg)		118.33±11.79	126.83±16.99	2.600	0.011*
DDBP(mmHg)		72.40±10.25	76.00±10.47	1.554	0.124
NSBP(mmHg)		109.50(102.00 ~ 118.00)	118.00(109.25 ~ 131.75)	2.812	0.005*
NDBP(mmHg)		63.85±9.42	70.03±10.86	1.837	0.070
SBP负荷(%)		10.85(1.85 ~ 24.00)	25.15(5.80 ~ 52.70)	2.681	0.007*
DBP负荷(%)		6.10(1.93 ~ 22.55)	15.95(5.18 ~ 41.23)	2.087	0.037*
清晨SBP(mmHg)		117.46±13.89	128.20±19.68	2.820	0.006*
清晨DBP(mmHg)		72.20±10.32	77.55±11.08	2.237	0.028*
SBP变异性(%)		10.83±2.52	10.81±2.41	0.036	0.971
DBP变异性(%)		12.42±4.28	11.57±3.42	0.975	0.333
SBP节律	杓型	12	10	0.251	0.617
	非杓型	28	30		
DBP节律	杓型	20	15	1.270	0.260
	非杓型	20	25		
脉压差(mmHg)		44.00(40.00 ~ 53.00)	52.00(42.00 ~ 58.00)	2.485	0.013*
尿酸( $\mu$ mol/L)		351.50(324.25 ~ 428.50)	364.00(321.75 ~ 426.75)	0.154	0.878
高密度脂蛋白(mmol/L)		1.22±0.31	1.24±0.25	0.295	0.771
低密度脂蛋白(mmol/L)		3.01±1.00	3.07±0.93	0.288	0.774
总胆固醇(mmol/L)		4.05±1.42	3.67±1.44	1.177	0.243
甘油三酯(mmol/L)		1.47(1.20 ~ 1.99)	1.49(1.10 ~ 2.36)	0.120	0.904
空腹血糖(mmol/L)		5.01(4.55 ~ 5.54)	5.02(4.56 ~ 5.67)	0.457	0.648

\* $P < 0.05$ 。

表 3 高血压早期心脏靶器官损害的影响因素的 Logistic 回归分析

Tab. 3 Logistic regression analysis of factors influencing early cardiac target organ damage in hypertension

指标		<i>B</i>	标准误	<i>Wals</i>	自由度	<i>P</i>	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>
年龄		-0.058	0.029	4.050	1	0.044*	0.943	0.891 ~ 0.998
24 h SBP		-1.158	0.647	3.206	1	0.073	0.314	0.088 ~ 1.116
DSBP		0.885	0.476	3.466	1	0.063	2.424	0.954 ~ 6.155
NSBP		0.380	0.185	4.237	1	0.040*	1.463	1.018 ~ 2.101
清晨SBP		0.013	0.036	0.133	1	0.716	1.013	0.944 ~ 1.088
清晨DBP		-0.085	0.051	2.803	1	0.094	0.919	0.832 ~ 1.015
SBP负荷		-0.048	0.039	1.549	1	0.213	0.953	0.884 ~ 1.028
DBP负荷		-0.027	0.019	1.939	1	0.164	0.973	0.937 ~ 1.011
脉压差		-0.071	0.047	2.270	1	0.132	0.932	0.850 ~ 1.021
家族史	有	-2.123	0.728	8.498	1	0.004*	0.120	0.029 ~ 0.499
	无	0					1	
糖尿病	有	-1.628	0.786	4.291	1	0.038*	0.196	0.042 ~ 0.916
	无	0					1	
常量		2.139	7.224	0.088	1	0.767	8.494	

\* $P < 0.05$ ; 赋值: 无家族史=0, 有家族史=1; 无糖尿病=0, 有糖尿病=1。

### 3.2 NSBP 影响因素分析

心室电活动异常为高血压 LVH 前的电重构阶段, 有报道高血压 LVH 的发生率与血压水平呈正相关<sup>[11]</sup>, 夜间血压升高显著增加心血管疾病的风险, 并独立于日间血压预测死亡风险<sup>[12]</sup>。有效降压并长期维持血压在达标水平可减少 LVH 的发生。表 3 显示 NSBP 升高为心室电活动异常的独立影响因素, NSBP 升高使心脏持续处于后负荷增高状态, 心脏做功增加, 同时 NSBP 升高也间接反映了心脏交感神经调节的异常。因此, 在早期心脏靶器官损害的电重构阶段, 调整药物治疗以降低心脏压力负荷尤其夜间压力负荷显得尤为重要。

### 3.3 家族史影响因素分析

高血压左心室重量的增加具有一定的遗传倾向。到目前为止, 对遗传因素影响的研究仍处于早期阶段。有研究表明, GN63-825T、GNT-63 等位基因与 LVH 呈现显著相关性, 血管紧张素转化酶基因的多态性与血浆血管紧张素转化酶水平呈显著相关<sup>[13-14]</sup>。有学者提出, 国人群体的内皮型一氧化氮合酶基因 (endothelial nitric oxide synthase gene, NOS3) 的多态性与高血压 LVH 具有相关性<sup>[15]</sup>。正常情况下, 心肌细胞中的原癌基因处于不表达或低表达状态, 在特定的遗传因素作用下, 原癌基因过度表达可促使心肌细胞蛋白质、间质细胞胶原合成增加、细胞体积增大, 这些因素也是导致心肌电活动异常以及结构学异常的病理基础。

### 3.4 糖尿病影响因素分析

本研究还发现糖尿病为高血压心电活动异常的独立影响因素。糖尿病导致心肌细胞电重构的细胞和分子机制仍不完全清楚, 但长期高血糖可增加心肌细胞的氧化应激、炎症等, 从而导致钠、钾、钙离子通道的重构, 引起心肌的除极和复极异常<sup>[16]</sup>, 同时, 糖尿病胰岛素抵抗也是导致高血压心脏电活动异常的发生机制之一<sup>[17]</sup>。

### 3.5 VCG 技术的应用优势、局限性以及前景展望

VCG 技术表达心电活动精准, 诊断心脏靶器官的早期电活动异常优势明显<sup>[18-19]</sup>。表 1 显示, VCG 对异常心室复极指标的检出率明显高于 ECG ( $P < 0.01$ )。但与 ECG 一样, VCG 对心脏的结构变化的判断存在局限性, 需结合影像学检查提高其诊断价值, 同时, 部分医务人员对 VCG 技术的认知偏差, 以及其技术理论的抽象性等, 增加了 VCG 向基层医疗机构的推广应用难度。近年来, 随着计算机技术应用于心电学检查, 如今的 VCG 检查分析方便快捷如 ECG 一般, 并已具备远程诊断功能, 方便在各级医疗机构中推广应用, 具有良好的推广应用前景。

### 3.6 结语

高血压心电活动异常为高血压心脏靶器官损害的早期阶段, 是由多种因素共同作用的结果, 针对其影响因素采用有效的干预措施阻断或延缓靶器官损害的进展, 对改善预后、提高患者的生活质量、减少恶性心脑血管事件发生具有重要防

治意义。VCG 具有早期发现高血压心脏电活动异常的优势, 可为临床早期诊断、及时干预心脏靶器官损害提供依据。

本研究为单中心小样本研究, 存在一定局限性, 首先观察结果的可靠性不如多中心大样本研究, 其次影响研究结果的广泛推广。今后需进一步增加样本量、纳入更多的观察指标, 进行多中心深入研究, 以提高其临床应用价值。

### [参考文献]

- [1] 方锐, 郭海成, 杨勇, 等. 近 20 年高血压及靶器官损害风险因素研究趋势可视化分析 [J]. *中国老年学杂志*, 2019, 39(21): 5140-5147.
- [2] 国家心血管病中心国家基本公共卫生服务项目基层高血压管理办公室, 国家基层高血压管理专家委员会. 国家基层高血压防治管理指南 2020 版 [J]. *中国循环杂志*, 2021, 36(3): 209-220.
- [3] 刘桂芝, 常超, 闫书妹, 等. 兔心脏压力超负荷左心室肥大的电学和形态学改变 [J]. *第二军医大学学报*, 2017, 38(1): 66-73.
- [4] 惠汝太. 高血压早期靶器官损害的研究进展 [J]. *中国循环杂志*, 2018, 30(10): 929-931.
- [5] 孙恕, 易松. 2023 年《中国高血压防治指南》更新临床实践 [J]. *心电与循环*, 2023, 42(3): 203-206.
- [6] 龙佑玲, 苏勇, 刘明, 等. 临床心电向量图解析 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2021: 23-26; 34-40.
- [7] 郭继鸿. 心电图学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 119-138; 143-153; 660-661.
- [8] 赵冬. 中国成人高血压流行病学现状 [J]. *中国心血管杂志*, 2020, 25(6): 513-515.
- [9] Lunde Ida G, Herum Kate M, Carlson Cathrine C, et al. Syndecans in heart fibrosis [J]. *Cell and Tissue Research*, 2016, 365(3): 539-552.
- [10] 胡春阳, 殷国田, 余悦欣. 不同年龄大鼠急性心肌梗死后早期胶原纤维变化与心功能的关系 [J]. *广东医药*, 2017, 38(9): 13-15.
- [11] Ueda H, Miyawaki M, Hiraoka H. High-normal blood pressure is associated with new-onset electrocardiographic left ventricular hypertrophy [J]. *J Hum Hypertens*, 2015, 29(1): 9-13.
- [12] 欧阳欢, 黄丽云, 陈舒玲, 等. 清醒时不同时间血压水平预测夜间高血压的价值 [J]. *中国循环杂志*, 2024, 39(2): 156-163.
- [13] 曾勇, 张稳, 刘丹, 等. 高血压病左心室肥厚形成影响因素的研究进展 [J]. *中国循环杂志*, 2013, 28(6): 477-478.
- [14] 束长城, 魏万林. 高血压左心室肥厚的形成机制研究进展 [J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2018, 10(6): 760-762.
- [15] 辛颖, 宋晓东, 王虎, 等. NOS3 基因多态性与高血压继发左心室肥厚的关联 [J]. *中国分子心脏病学杂志*, 2010, 11(3): 152-157.
- [16] 张雷, 刘欢欢, 王如兴. 糖尿病所致心室电重构及其机制 [J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2023, 37(5): 422-424.
- [17] 王超, 张萍. 高血压左心室肥厚形成机制的研究进展 [J]. *重庆医学*, 2015, 44(22): 3143-3145.
- [18] 龙佑玲, 潘登, 熊田珍, 等. 心电向量图诊断高血压病在左心室异常的临床应用 [J]. *昆明医科大学学报*, 2021, 42(4): 113-116.
- [19] 龙佑玲, 熊田珍, 苏勇, 等. 心电向量分析指标预测高血压左心室肥厚的临床价值 [J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2021, 24(19): 4369-4371.