

## 高血压患者心电图 S<sub>D</sub> 波在诊断左心室肥厚中的价值

朱韵<sup>1</sup>, 杨盼<sup>2</sup>, 葛志祥<sup>2</sup>, 王幸<sup>1</sup>, 刘飞<sup>2</sup>, 徐敏<sup>1</sup>, 杨玲<sup>3</sup>

(苏州大学附属常州市第一人民医院 1. 心电图室, 2. 心超室, 3. 心内科, 江苏省常州市 213003)

[关键词] 高血压病; 心电图; 超声心动图; 左心室肥厚; 诊断模型

[摘要] **目的** 测试一种新的心电图诊断标准, 提高诊断原发性高血压病合并左心室肥厚的准确性。**方法** 以美国超声心动图学会对左心室质量测量作为标准, 选取高血压病(HBP)合并左心室肥厚(LVH)患者 129 例, 同期根据年龄、性别匹配高血压左心室正常组(109 名)。同步记录 12 导联心电图, 选取所有心电图导联中最深 S 波(S<sub>D</sub>)为研究对象, 与采用目前公认的 LVH 心电图标准 Cornell 和 Sokolow-Lyon 进行比较, 计算心电图相关指标判断 HBP 合并 LVH 的 ROC 曲线及其曲线下面积(AUC), 获得鉴别的最佳临界值。**结果** 心电图 S<sub>D</sub> 预测 HBP 合并 LVH 的敏感度、特异度及 AUC 分别为 86.05%、81.65%、0.892; 心电图 S<sub>D</sub>+Sv4 显示最高的敏感度为 88.37%。等效性检验显示单导联 S<sub>D</sub> 的 AUC 较 Cornell、Sokolow-Lyon 及 S<sub>D</sub>+Sv4 标准 Z 值均具有统计学差异(P<0.05)。心电图 S<sub>D</sub> 诊断男性 HBP 合并 LVH 的 AUC 及敏感度、特异度分别为 0.901、90.29%、75.34%, 等效性检验均优于 Cornell、Sokolow-Lyon 及 S<sub>D</sub>+Sv4 标准(P<0.05)。**结论** 心电图 S<sub>D</sub> 诊断 HBP 合并 LVH, 提高了其诊断的敏感性, 优于 Cornell 和 Sokolow-Lyon 标准, 值得临床推广。

[中图分类号] R541.3

[文献标识码] A

### The value of the deepest S wave of electrocardiogram in the diagnosis of left ventricular hypertrophy in patients with hypertension

ZHU Yun<sup>1</sup>, YANG Pan<sup>2</sup>, GE Zhixiang<sup>2</sup>, WANG Xing<sup>1</sup>, LIU Fei<sup>2</sup>, XU Min<sup>2</sup>, YANG Ling<sup>3</sup>

(1. Department of Electrocardiogram, 2. Department of Echocardiography, 3. Department of Cardiovascular Division, the Third Affiliated Hospital of Soochow University, Changzhou, Jiangsu 213003, China)

[KEY WORDS] hypertension; electrocardiogram; echocardiography; left ventricular hypertrophy; diagnostic model

[ABSTRACT] **Aim** This study tested a new criteria for electrocardiogram to improve the accuracy of primary hypertension with left ventricular hypertrophy. **Methods** The study measured left ventricular mass according to the American Society of Echocardiography (ASE) standard. We selected 129 patients with hypertension (HBP) and left ventricular hypertrophy (LVH) diagnosed in our hospital. At the same time, the normal wall thickness group of hypertension was matched according to age and gender. It simultaneously recorded 12-lead ECG, selected the deepest S-wave (S<sub>D</sub>) of all leads as the research object, and currently accepted LVH ECG criteria such as Cornell voltage and Sokolow-Lyon were used for comparison. Area under the curve (AUC) analysis was used for comparison of single and combined leads. **Results** The AUC, sensitivity, and specificity of S<sub>D</sub> predicted HBP with LVH were 0.892, 86.05% and 81.65%, and S<sub>D</sub>+Sv4 showed the highest sensitivity of 88.37%. The equivalence test showed that Z value of S<sub>D</sub> was statistically different from that of Cornell, Sokolow-Lyon and S<sub>D</sub>+Sv4 (all P<0.05). The AUC, sensitivity and specificity of predicted male HBP with LVH were 0.901, 90.29% and 75.34%. The equivalence test was superior to Cornell, Sokolow-Lyon and S<sub>D</sub>+Sv4 (all P<0.05). **Conclusion** The new criteria S<sub>D</sub> to diagnose HBP with LVH improves the sensitivity of diagnosis, superior to Cornell and Sokolow-Lyon standards which is worthy of clinical promotion.

[收稿日期] 2019-07-25

[修回日期] 2019-10-12

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目(81871381);国家自然科学基金青年基金项目(81701734);常州市卫计委指导项目(WZ201804);常州市科技局应用基础研究(CJ20190086)

[作者简介] 朱韵, 本科, 副主任医师, 研究方向为结构性心脏病的心电图诊断, E-mail 为 loisice@sohu.com。通信作者徐敏, 博士研究生, 副主任医师, 研究方向为心血管微创治疗, E-mail 为 loisicelin@163.com。

原发性高血压病 (hypertension, HBP) 合并左心室肥厚 (left ventricular hypertrophy, LVH) 是高血压进展过程中重要的并发症,是决定 HBP 患者心力衰竭、死亡等风险的重要决定因素。近年来,有研究报道早期诊断及治疗可预防及逆转左心室肥厚,从而改善患者预后<sup>[1]</sup>,因此,早期及正确诊断 LVH 具有重要价值,目前,临床工作常规应用标准的 12 导联心电图 (electrocardiogram, ECG)、超声心动图 (echocardiography, UCG) 及核磁共振成像检查,但每种方案都有一定的局限性。临床工作中 ECG 诊断 LVH 通常比 UCG 和核磁共振成像更加方便、经济,适用于大范围筛查。

美国心脏病学会认可 37 种心电图诊断 LVH 标准,美国心电图委员会认为:“目前公布的研究不足以表明最近提出的任何标准是否明显优于其他标准,或只是多余的标准”。目前临床最为广泛使用的是 Cornell 标准<sup>[2]</sup>和 Sokolow-Lyon 标准<sup>[3]</sup>,虽然特异性较高,但灵敏度低<sup>[3-4]</sup>,并且目前缺乏明确的共识,且种族及性别差异明显,从而导致临床医生的困惑。因此,有必要制定更有效的心电图标准来检测左心室肥厚。本研究目标是,以超声心动图对左心室质量测量为参考,建立具有较高诊断准确度的新的心电图标准。

## 1 资料和方法

### 1.1 研究对象

前瞻性选择 2016 年 9 月至 2018 年 9 月诊断为原发性 HBP 合并 LVH 患者 129 例,年龄 18~75 岁,其中男性 103 例。原发性 HBP 的诊断标准采纳了世界卫生组织建议的血压判断标准,即成人收缩压 >140 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa),及/或舒张压 >90 mmHg 则诊断为高血压,不同时间测量 3 次血压,2 次增高者才确诊为高血压病。LVH 的诊断标准<sup>[4]</sup>:通过体表面积 (body surface area, BSA) 对左心室质量 (left ventricular mass, LVM) 标化为左心室肌重量指数 (left ventricular mass index, LVMI),根据新的美国超声心动图学会 (American Society of Echocardiography, ASE) 标准, LVH 的诊断为:女性 LVMI 大于 95 g/m<sup>2</sup>,男性 LVMI 大于 115 g/m<sup>2</sup>。同期根据年龄、性别匹配 HBP 左心室正常组 109 例,年龄 18~75 岁,其中男性 78 例。

排除标准:完全性左束支或右束支传导阻滞或心室起搏心律,继发性高血压病,曾行冠状动脉支架置入或冠状动脉旁路移植术患者,心律失常,心

脏瓣膜疾病,心肌病,肺部疾病,心肺感染性疾病,肝肾疾病,免疫性疾病,精神疾病,急慢性肺心病及血液病。

收集资料包括高血压病史、糖尿病病史、外周血管疾病、颈动脉斑块、血压水平及高血压药物服用史等。本研究经本院医学伦理委员会批准,并签署知情同意书。

### 1.2 心电图检查

检测选用福田 FX7402 心电综合自动分析仪,走纸速度 25 mm/s,定标 10 mm/mV。受试者检查前安静休息 10 min,以消除紧张感。按常规位置放置电极,平卧记录 12 导联同步心电图。要求每例心电图基线平稳、无干扰,且图形清晰。由 2 名医师独立在心电图机显示屏上对 12 导联同步心电图进行指标测量。以 PR 段作为基线,通过测量所有胸前区和肢体导联的最高 R 和最深 S 或 QS 波来分析单个导联,在同一电极导线内存在电压差异的情况下,仅选择最大的复合电压。S<sub>D</sub> 为胸前区及肢体导联的最深 S 或 QS 振幅, S<sub>D</sub>+Sv<sub>4</sub> 为 S<sub>D</sub> 值加上 V<sub>4</sub> 导联的 S 波振幅。对照采用国际心电图指南推荐的 Cornell 标准 Ravl+Sv<sub>3</sub> 及 Sokolow-Lyon 标准 Sv<sub>1</sub>+Rv<sub>5</sub>。每一导联记录 4~6 个心动周期,测量基线平稳的连续 3 个心动周期,取其平均值。

### 1.3 超声心动图测量计算左心室质量

心电图检查的同一天行超声心动图检查。以经胸超声心动图作为估算左心室质量 (LVM) 的参考方法<sup>[5]</sup>。应用 Philips EPIQ 7C 超声心动图仪, X5-1 探头,频率 50 MHz。嘱患者平静呼吸,受检者取左侧卧位,同步记录肢体导联心电图,帧频 >50 Hz,胸骨旁长轴切面记录室间隔、左心室舒张末内径,左心室后壁厚度,采用 ASE 推荐计算 LVM<sup>[6]</sup>:  $LVM(g) = 0.8 \times 1.04 \times ([\text{室间隔厚度} + \text{左心室舒张末直径} + \text{左心室后壁厚度}]^3 - \text{左心室舒张末直径}^3) + 0.6$ 。所有数据均由两名主治以上医生独立判读后取平均值。

### 1.4 统计学分析

采用 SPSS22.0 软件进行统计分析。计数资料以构成比表示,组间率的比较采用卡方检验或精确概率法。符合正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,两组间均数比较采用 *t* 检验,偏态分布的计量资料以 M(Q1~Q3) 表示,两组间的比较采用 Wilcoxon 非参数检验。绘制心电图相关指标预测高血压合并左心室壁增厚的 ROC 曲线,确定截断值及曲线下面积 (AUC),分析各参数的检验效能,曲线下面积的等效性检验由 Med Calc 软件计算 Z 值来比较。采用

双侧检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者基本临床特征及心脏超声资料的比较

两组年龄、性别、糖尿病病史、外周血管疾病、

颈动脉斑块、心率、 $\beta$ 受体抑制剂、ACE抑制剂及钙离子通道抑制剂的使用等差异无统计学意义( $P > 0.05$ );而两组体表面积、收缩压、舒张压、室间隔厚度、左心室壁厚度、左心室肌质量指数比较差异有统计学意义( $P < 0.001, P < 0.01, P < 0.05$ ,表1)。

表 1. 两组之间基本临床资料及心脏超声资料的比较

Table 1. Comparison of basic clinical data and echocardiographic data between the two groups

临床指标	左心室正常组( $n=109$ )	左心室肥厚组( $n=129$ )	$\chi^2/t$ 值	$P$ 值
男性[例(%)]	78(71.6)	103(79.8)	2.227	0.136
年龄(岁)	58(52~64)	53(46~68)	0.900	0.369
体表面积( $m^2$ )	1.66 $\pm$ 0.11	1.74 $\pm$ 0.11	5.221	<0.001
糖尿病病史[例(%)]	8(7.3)	12(9.3)	0.296	0.587
外周血管疾病[例(%)]	6(5.5)	8(5.4)	0.052	0.820
颈动脉斑块[例(%)]	8(7.3)	8(5.4)	0.122	0.727
使用 $\beta$ 受体抑制剂[例(%)]	44(40.4)	60(46.6)	0.907	0.341
使用ACE抑制剂/ARB[例(%)]	50(45.8)	56(43.4)	0.145	0.704
使用钙离子通道抑制剂[例(%)]	32(29.4)	40(31.0)	0.076	0.783
心率(次/分)	74.0(61.1~86.1)	70.0(61.0~84.0)	0.920	0.105
收缩压(mmHg)	141(133.5~148.5)	162(156.0~170.5)	-16.217	<0.001
舒张压(mmHg)	95(85.5~101.0)	99(92.0~107.0)	-5.090	<0.001
射血分数(%)	63.90(59.7~66.9)	63.30(58.6~66.2)	1.628	0.105
室间隔厚度(mm)	8.8(8.1~9.5)	13.0(12.8~14.0)	-34.371	<0.001
左心室后壁厚度(mm)	8.8(8.1~9.5)	13.0(12.0~13.6)	-32.135	<0.001
左心室肌重量指数( $g/m^2$ )	64.1(55.8~79.8)	123.8(116.4~142.3)	-26.006	<0.001

### 2.2 两组患者心电图特点比较

HBP合并LVH患者心电图指标 $S_D$ 、 $S_D+SV4$ 、 $Rav1+SV3$ 、 $Sv1+Rv5$ 均较正常室壁厚度的患者增高,具有统计学差异( $P < 0.001$ ,表2)。

表 2. 两组心电图指标对比(mv)

Table 2. Comparison of ECG criteria of hypertension between two groups(mv)

临床指标	左心室正常组( $n=109$ )	左心室肥厚组( $n=129$ )	$\chi^2/t$ 值	$P$ 值
$S_D$	0.9(0.7~1.2)	2.0(1.6~2.5)	-12.069	<0.001
$S_D+SV4$	1.4(1.4~2.1)	3.0(2.4~3.9)	-10.773	<0.001
$Rav1+SV3$	1.0(0.7~1.4)	2.1(1.6~2.7)	-10.925	<0.001
$Sv1+Rv5$	2.2(1.7~2.6)	3.3(2.6~4.1)	-8.940	<0.001

### 2.3 诊断性试验的评价指标

单导联心电图 $S_D$ ,联合导联心电图 $S_D+SV4$ 、Cornell标准( $Rav1+SV3$ )、Sokolow-Lyon标准( $Sv1+$

$Rv5$ )预测高血压合并左心室肥厚的敏感度、特异度及AUC见表3和图1。单导联心电图 $S_D$ 与 $S_D+SV4$ 等效性检验Z值为2.850( $P=0.004$ ,95%CI 0.009~0.048),单导联心电图 $S_D$ 与 $Sv1+Rv5$ 等效性检验Z值为2.603( $P=0.009$ ,95%CI 0.016~0.115),单导联心电图 $S_D$ 与 $Rav1+SV3$ 等效性检验Z值为2.481( $P=0.013$ ,95%CI 0.010~0.082)。

表 3. 不同的心电图标准预测高血压病合并左心室肥厚的预测价值

Table 3. Predictive value of different ECG criteria for predicting hypertension with left ventricular hypertrophy

参数	AUC	SE	95%CI	截断值	敏感度(%)	特异度(%)
$S_D$	0.892	0.021	0.845~0.928	1.3	86.05	81.65
$S_D+SV4$	0.863	0.024	0.813~0.904	1.8	88.37	72.48
$Rav1+SV3$	0.846	0.025	0.794~0.890	1.6	73.64	84.40
$Sv1+Rv5$	0.826	0.027	0.772~0.872	2.7	72.87	83.49

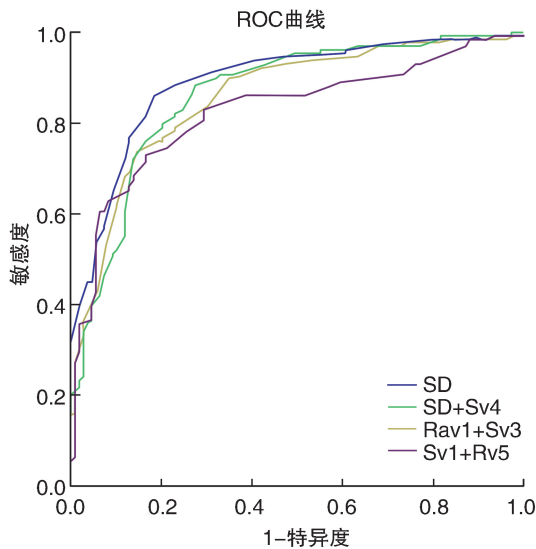


图 1. 多项心电图标准预测高血压合并左心室肥厚的 ROC 曲线

Figure 1. ROC curve of multiple electrocardiogram criteria for predicting hypertension with left ventricular hypertrophy

#### 2.4 单导联心电图 $S_D$ 在不同性别中诊断高血压合并左心室肥厚的价值

男性患者单导联心电图  $S_D$  诊断高血压合并左心室增厚的截断值、AUC 及敏感度、特异度分别为 1.3 mv、0.901、90.29% 和 75.34%。男性患者单导联心电图  $S_D$  与联合导联  $S_D+Sv4$ 、 $Sv1+Rv5$ 、 $Rav1+Sv3$  等效性检验,  $Z$  值分别 2.69、2.00、2.32 ( $P$  均 < 0.05)。

女性患者单导联心电图  $S_D$  诊断高血压合并左心室增厚的截断值、AUC 及敏感度、特异度分别为 1.2 mv、0.812、69.23% 和 94.44%。女性患者单导联心电图  $S_D$  与  $S_D+Sv4$ 、 $Sv1+Rv5$ 、 $Rav1+Sv3$  等效性检验,  $Z$  值分别 0.048、0.239、1.11 ( $P$  均  $\geq$  0.05)。

### 3 讨论

左心室壁增厚是 HBP 常见的靶器官损害, HBP 引起的左心室肥厚, 在早期以对称性向心性肥厚为主<sup>[7]</sup>, 可能是心血管病事件发生率和死亡率增加的独立危险因素<sup>[8-9]</sup>。因而, 早期诊断高血压患者左心室肥厚有助于评估患者病情以及评价药物疗效。

左心室肥厚主要由于左心室重量的增加, 体表心电图可通过检测到电压增加来提示左心室肥厚, 这一原理使得心电图成为评估左心室质量变化的良好依据。然而, 心脏电压变化并不完全取决于心

肌的数量, 还受到左心室距电极的位置、营养状况、电传导、心肌纤维化和呼吸系统疾病等因素影响<sup>[4]</sup>。本研究中以 UCG 测定 LVMI 为标准, 观察 Cornell、Sokolow-Lyon 的敏感性均不高 (73.64%、72.87%)。而  $S_D+SV4$  虽然表现出最高的敏感度 (88.37%), 特异度却是 4 种标准中最低 (72.48%)。但此外, 心电图电压变异性很大, 不仅表现在患者之间, 而且同一患者在不同时间测定都有一定的变化<sup>[3]</sup>。这些因素都会导致诊断的重复性减低, 从而导致诊断错误。

本研究应用肢体及胸导联中最大 S 波的电压  $S_D$  来识别左心室肥厚, 而不是使用任何固定的肢体或者胸导联电压标准, 结果显示  $S_D$  判断 LVH 敏感性 (86.05%) 比 Cornell 标准及 Sokolow-Lyon 标准增加, 多种标准的 AUC 等效性检验具有统计学差异, 具有更好地诊断性能。本研究中还显示  $S_D$  的诊断价值在不同性别间有差异, 男性患者  $S_D$  具有更高的敏感性 (90.29%), 而 Zhang 等<sup>[10]</sup> 研究社区 65 岁以上老年患者, 并未发现 LVH 的患者 LVMI 有性别差异, 可能与研究者平均年龄偏大有关。Felix-Redondo 等<sup>[11]</sup> 研究显示: 性别间诊断的差异, 可能不仅受心脏大小、皮下脂肪层的厚度、激素水平及组织的传导率等因素影响, 还有一些未知影响因素是尚未解决的问题。

既往的许多研究强调测量 R 波的电压值在诊断左心室肥厚中的价值<sup>[12-13]</sup>。本研究显示胸导联和肢体导联的 S 波与左心室质量的增加有更好的相关性。Peguero 等<sup>[14]</sup> 研究显示  $S_D$  是诊断 LVH 最准确的单导联测量方法 (AUC: 0.80,  $P < 0.001$ ), 并且  $S_D+Sv4$  的敏感性显著高于 Cornell 标准, 本研究中也显示  $S_D+Sv4$  具有最高的敏感性 (88.37%), 但特异性低于  $S_D$ 、Cornell 及 Sokolow-Lyon 标准, 等效性检验显示  $S_D+SV4$  诊断精度是劣于单导联  $S_D$  ( $P = 0.004$ , 95% CI 0.009 ~ 0.048), 除了研究对象人数及人群种族的差异外, 进一步的机理研究可能是: 左右室心肌去极化形成了一个具有方向和强度的矢量 QRS, 在室间隔及左右心室的顺序电激动传播, 可能反应了 QRS 相应波段的变化。在心室去极化的前半部分, Q 波及 R 波升支部分代表室间隔、传导系统 (His 束、左右束支和浦肯野纤维) 和心内膜心肌纤维去极化过程, 而 R 波的降支部分及 S 波出现于去极化的后半部分, 代表左心室心肌和心外膜游离壁的去极化, 此观点可以解释轻度到中度左心室肥厚患者的电压变化可反应于  $S_D$  的变化。



有研究认为体表心电图反应心脏电的信息,因此可能不是估计左心室质量的最佳指标。尤其在淀粉样变心肌病中最为突出,UCG 显示该类患者左心室质量指数明显增加,但 40%~60% 的患者体表心电图电压较低<sup>[15]</sup>,考虑该类患者纤维增生和间质内其他物质的沉积可能抑制肥厚心肌的电压表达,限制体表心电图的诊断能力。但是必须认识到:心电图的局限性是导致所有心电图标准均具有较高假阴性率的重要因素。

因此,心电图是早期筛选和检测左心室肥厚的一个重要的低成本、方便的工具,更优的诊断标准支持其在临床实践、流行病学研究和临床试验中广泛用于诊断心室肥大。超声心动图、核磁共振、计算机断层扫描、核素等无创影像也为证实心电图诊断提供了丰富的资源。

#### [参考文献]

- [1] Bang CN, Devereux RB, Okin PM. Regression of electrocardiographic left ventricular hypertrophy or strain is associated with lower incidence of cardiovascular morbidity and mortality in hypertensive patients independent of blood pressure reduction - A LIFE review[J]. *J Electrocardiol*, 2014, 47(5): 630-635.
- [2] Ishikawa J, Yamanaka Y, Watanabe S, et al. Cornell product in an electrocardiogram is related to reduced LV regional wall motion[J]. *Hypertens Res*, 2019, 42(4): 541-548.
- [3] 全军心血管专业委员会心脏无创检测学组,《心电图诊断术语规范化中国专家共识》编写专家组. 心电图诊断术语规范化中国专家共识(2019)[J]. *实用心电学杂志*, 2019, 28(3): 161-165.
- [4] 《心电图测量技术指南》编写专家组. 心电图测量技术指南[J]. *实用心电学杂志*, 2019, 28(2): 77-86.
- [5] Lang R, Badano L, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(3): 233-270.
- [6] 中华医学会超声医学分会超声心动图学组. 中国成年人超声心动图检查测量指南[J]. *中华超声影像学杂志*, 2016, 25(8): 645-666.
- [7] 俞奇,王斌,王焱,等. 我国居民 2002 至 2016 年心血管病死亡率及其变化趋势[J]. *中华心血管病杂志*, 2019, 47(6): 479-485.
- [8] Bittencourt MS, Blankstein R, Mao S, et al. Left ventricular area on non-contrast cardiac computed tomography as a predictor of incident heart failure - the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis [J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2016, 10(6): 500-506.
- [9] Vinyoles E, Núria Soldevila, Torras J, et al. Prognostic value of non-specific ST-T changes and left ventricular hypertrophy electrocardiographic criteria in hypertensive patients: 16-year follow-up results from the MINACOR cohort [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2015, 15(1): 24-31.
- [10] Zhang W, Zhou Y, Bai B, et al. Consistency of left ventricular hypertrophy diagnosed by electrocardiography and echocardiography: the Northern Shanghai Study[J]. *Clin Interv Aging*, 2019, 14(3): 549-556.
- [11] Felix-Redondo FJ, Fernandez-Berges D, Calderon A, et al. Prevalence of left-ventricular hypertrophy by multiple electrocardiographic criteria in general population: hermes study[J]. *J Hypertens*, 2012, 30(7): 1460-1467.
- [12] Courand PY, Grandjean A, Charles P, et al. R wave in aVL lead is a robust index of left ventricular hypertrophy: a cardiac MRI study[J]. *Am J Hypertens*, 2015, 28(8): 1038-1048.
- [13] Du GQ, Li HR, Xue JY, et al. Wave intensity analysis can identify eccentric cardiac hypertrophy in hypertensive patients with varied left ventricular configurations[J]. *J Ultrasound Med*, 2015, 34(11): 2019-2027.
- [14] Peguero JG, Lo Presti S, Perez J, et al. Electrocardiographic criteria for the diagnosis of left ventricular hypertrophy [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 69(13): 1694-1703.
- [15] Quarta CC, Solomon SD, Uraizee I, et al. Left ventricular structure and function in transthyretin-related versus light-chain cardiac amyloidosis [J]. *Circulation*, 2014, 129(18): 1840-1849.

(此文编辑 朱雯霞)