

本文引用: 马艳, 蒋雨枫, 周亚峰. 新的心电图诊断标准 RL I +SV4 和 SD+SV4 对高血压合并左心室肥厚的诊断价值[J]. 中国动脉硬化杂志, 2022, 30(8): 691-698. DOI: 10.20039/j.cnki.1007-3949.2022.08.007.

[文章编号] 1007-3949(2022)30-08-0691-08

· 临床研究 ·

## 新的心电图诊断标准 RL I +SV4 和 SD+SV4 对高血压合并左心室肥厚的诊断价值

马艳<sup>1,2</sup>, 蒋雨枫<sup>3</sup>, 周亚峰<sup>3</sup>

(1. 苏州大学医学部第一临床医学院, 江苏省苏州市 215000; 2. 江苏省无锡市中医医院功能科, 江苏省无锡市 214000; 3. 苏州大学附属独墅湖医院心内科, 江苏省苏州市 215000)

[关键词] 心电图诊断标准; 高血压; 左心室肥厚

[摘要] [目的] 观察新的心电图诊断标准 RL I +SV4、SD+SV4 是否适用于高血压合并左心室肥厚(LVH)的诊断, 研究 13 项心电图诊断标准以及新标准与常用标准联合应用对于高血压合并 LVH 的临床价值。[方法] 以超声心动图测定的左心室质量指数(LVMI)为标准, 选取原发性高血压或者有高血压治疗史的住院患者 280 例, 其中高血压合并 LVH 患者 94 例(LVH 组), 左心室正常患者 186 例(左心室正常组)。同步记录 12 导联心电图。绘制各种心电图诊断标准的受试者工作特征曲线(ROC), 比较 ROC 的曲线下面积(AUC)。计算各种诊断标准的灵敏度和特异度。分析 RL I +SV4、SD+SV4 及其联合目前公认的心电图诊断 LVH 标准对高血压患者合并 LVH 的诊断价值。[结果] 单个心电图导联中, RL I 即 I 导联的 R 波是较好预测 LVH 的因子之一(AUC=0.63,  $P<0.01$ )。两个导联振幅相加诊断 LVH 的研究中, RL I +SV4 标准(AUC=0.64,  $P<0.01$ )的灵敏度为 50%, 特异度为 71%; 配对卡方检验显示 RL I +SV4 诊断 LVH 与金标准(LVMI 判定 LVH)之间无明显统计学差异。SD+SV4 标准(AUC=0.59,  $P<0.05$ )的灵敏度为 31%, 特异度为 87%, 其中 SD 波为 12 导联中拥有最大振幅的 S 波。RL I +SV4 联合 Sokolow-Lyon 电压标准能够提高诊断高血压合并 LVH 的灵敏度, 其灵敏度为 59%, 特异度为 60%。[结论] RLI+SV4 标准具有较高的 AUC, 适合高血压患者合并 LVH 的初步筛查; RL I +SV4 联合 Sokolow-Lyon 电压标准能够提高诊断的灵敏度。SD+SV4 标准临床适用性没有 RL I +SV4 标准高。

[中图分类号] R541.3

[文献标识码] A

### Diagnostic value of new electrocardiogram diagnostic criteria RL I +SV4 and SD+SV4 in hypertension complicated with left ventricular hypertrophy

MA Yan<sup>1,2</sup>, JIANG Yufeng<sup>3</sup>, ZHOU Yafeng<sup>3</sup>

(1. First Clinical Medical College of Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215000, China; 2. Functional Department of Wuxi Hospital of Traditional Chinese Medicine, Wuxi, Jiangsu 214000, China; 3. Department of Cardiology, Dushuhu Public Hospital Affiliated to Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215000, China)

[KEY WORDS] electrocardiogram diagnostic criteria; hypertension; left ventricular hypertrophy

[ABSTRACT] **Aim** To observe whether the new electrocardiogram (ECG) diagnostic criteria RL I +SV4 and SD+SV4 are suitable for the diagnosis of hypertension complicated with left ventricular hypertrophy (LVH), and to study the clinical value of 13 ECG diagnostic criteria and the combined application of new and commonly used criteria for hypertension complicated with LVH. **Methods** Using the left ventricular mass index (LVMI) measured by echocardiography as the standard, 280 inpatients with essential hypertension or a history of hypertension treatment were selected, including 94 patients with hypertension complicated with LVH (LVH group), 186 patients with normal ventricle (normal left ventri-

[收稿日期] 2021-03-03

[修回日期] 2021-07-08

[基金项目] 苏州市医疗卫生科技创新项目(SKY2021002); 苏州市工业园区金鸡湖卫生人才计划: 心血管内科临床医学专家团队(A类)(SZYQTD202102); 苏州市临床重点病种诊疗技术专项(LCZX202132)

[作者简介] 马艳, 硕士, 研究方向为心血管内科及心电图诊断, E-mail: fifierica@126.com。通信作者周亚峰, 主任医师, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为心血管内科疾病及冠心病的介入治疗, E-mail: zhouyafeng73@126.com。

cle group). 12-lead ECG is recorded simultaneously. Receiver operating characteristic curve (ROC) for various ECG diagnostic criteria was plotted and the area under curve (AUC) of the ROC was compared. The sensitivity and specificity of various diagnostic criteria were calculated. The diagnostic value of RL I +SV4, SD+SV4 and RL I +SV4, SD+SV4 combined with the currently recognized ECG diagnostic criteria for hypertensive patients with LVH was analyzed.

**Results** In a single ECG lead, RL I, the R wave in lead I, was one of the better predictors of LVH (AUC=0.63,  $P<0.01$ ). In the study of the sum of the amplitudes of the two leads for the diagnosis of LVH, the sensitivity of the RL I +SV4 standard (AUC=0.64,  $P<0.01$ ) was 50%, and the specificity was 71%; Paired chi-square test showed no significant difference between RL I +SV4 diagnosis of LVH and the gold standard (LVMI to determine LVH). The SD+SV4 standard (AUC=0.59,  $P<0.05$ ) had a sensitivity of 31% and a specificity of 87%, in which the SD wave was the S wave with the largest amplitude in the 12 leads. RL I +SV4 combined with Sokolow-Lyon voltage standard could improve the sensitivity of diagnosing hypertension complicated with LVH, the sensitivity was 59%, and the specificity was 60%.

**Conclusions** RL I +SV4 standard has higher AUC, which is suitable for the initial screening of hypertensive patients with LVH; RL I +SV4 combined with Sokolow-Lyon voltage standard can improve the sensitivity of diagnosis. The clinical applicability of SD+SV4 standard is not as high as that of RL I +SV4 standard.

高血压是心血管疾病发病的主要危险因素<sup>[1]</sup>, 是高血压性心脏病最常见的病因, 左心室肥厚 (left ventricular hypertrophy, LVH) 是高血压病的主要心脏改变和常见并发症之一。2018 年欧洲高血压协会 (European Society of Hypertension, ESH)/欧洲心脏病学会 (European Society of Cardiology, ESC) 指南<sup>[2]</sup> 中对高血压患者 LVH 的诊断, 最常用的心电图 (electrocardiogram, ECG) 标准是 Sokolow-Lyon 电压标准<sup>[3]</sup>、Cornell 电压标准<sup>[4]</sup>、Cornell 乘积标准<sup>[5]</sup> 以及  $RaVL>1.1$  mV。最近美国有一项研究报道, 与常用的诊断标准相比, SD 波 (12 导联中拥有最大振幅的 S 波) 和 V4 导联的 S 波 (SV4), 即 SD+SV4 男性  $\geq 2.8$  mV、女性  $\geq 2.3$  mV 提高了灵敏度, 即: 灵敏度为 62%, 特异度为 90%<sup>[6]</sup>; 日本学者提出, 新的诊断标准 RL I +SV4 男性  $\geq 1.6$  mV、女性  $\geq 1.4$  mV, 灵敏度为 39%, 特异度为 89%, RL I +SV4 比以前的诊断标准更适用于日本普通人群的 LVH 诊断<sup>[7]</sup>。

早期诊断 LVH 的常规检查手段有标准 12 导联 ECG、超声心电图以及核磁共振成像等, 每种检查都有各自的局限性, Sokolow-Lyon 电压标准和 Cornell 电压标准临床应用广泛, 诊断 LVH 的特异度  $>95\%$ , 但是灵敏度不高<sup>[8]</sup>。目前为止, 国内对新标准 RL I +SV4 和 SD+SV4 研究较少。朱韵等<sup>[9]</sup> 认为心电图 SD 波, 即应用肢体导联及胸导联中最大 S 波的电压来识别高血压合并 LVH 患者, 提高了诊断的灵敏度, 优于 Cornell 电压标准和 Sokolow-Lyon 电压标准。本文探讨新的 ECG 诊断标准在适用于美国或者日本特定人群的情况下, 是否适合应用于我国高血压患者 LVH 的诊断, 以及新标准与常用标准联合应用对于高血压合并 LVH 的临床价值。

## 1 资料和方法

### 1.1 研究对象

选取无锡市中医医院 2019 年 7 月—2020 年 1 月期间住院患者共 348 例, 入选标准: (1) 在未使用高血压药物的情况下, 诊室收缩压  $\geq 140$  mmHg 和/或舒张压  $\geq 90$  mmHg ( $1$  mmHg =  $0.133$  kPa)<sup>[10]</sup>; (2) 既往有高血压病史, 正在接受降压治疗。收集患者的相关资料, 包括性别、年龄、心率、体质指数 (body mass index, BMI)、血压值、糖尿病史以及血脂情况等; 糖尿病的定义为空腹血糖  $\geq 7.0$  mmol/L 或糖负荷后 2 h 血糖  $\geq 11.1$  mmol/L, 或者自述服用降糖药物<sup>[11]</sup>。

对患者初步评估, 做 ECG 检查, 其中 68 例被排除, 排除标准: (1) 同时存在肥厚性心肌病、心肌梗死、心包积液、先天性心脏病、淀粉样变、心脏瓣膜病变 (包括中及重度以上瓣膜反流) 及慢性阻塞性肺病; (2) ECG 呈起搏器节律, 完全性束支传导阻滞、房室传导阻滞、预激综合征、持续性心房颤动/扑动等心律失常。剩下 280 例患者同时做了超声心动图检查。

具体筛查情况见图 1。

### 1.2 ECG 检查和分析

对每个受试者 ECG 进行如下分析: 采用美国通用电气 MAC800 12 导联同步 ECG 仪, 按照正确位置放置 ECG 电极, 记录常规 12 导联 ECG, 要求每例 ECG 基线平稳, 图形清晰, 尽量减少或避免干扰, 由 2 名专业医师测量相关导联的振幅, 取连续 3 个心动周期的均值作为测量值, 所有 12 个导联的 R 波和 S 波振幅均以 PR 段为基线进行测量。

用受试者工作特征曲线 (receiver operating characteristic curve, ROC) 的曲线下面积 (area under curve, AUC) 来评估每个导联的振幅以及每两个导



图 1. 参与受试患者筛查流程图

Figure 1. Screening flowchart for participating patients

联相加的振幅和对 LVH 诊断的影响。然后使用公认的 Sokolow-Lyon 电压标准: V1 导联的 S 波振幅, 加上 V5/V6 导联的 R 波振幅,  $SV_1 + RV_5$  或  $RV_6 \geq 3.5$  mV; Cornell 电压标准: aVL 导联中 R 波振幅加上 V3 导联中 S 或者 QS 波的振幅,  $RaVL + SV_3$  男性  $> 2.8$  mV, 女性  $> 2.0$  mV; Cornell 乘积标准:  $(RaVL + SV_3) \times QRS$  间期时限  $\geq 244$  mV · ms (男),  $(RaVL + SV_3 + 0.8) \times QRS$  间期时限  $\geq 244$  mV · ms (女)。SD 波加上 V4 导联 S 波,  $SD + SV_4$  男性  $\geq 2.8$  mV, 女性  $\geq 2.3$  mV; I 导联中的 R 波振幅加上 V4 导联中的 S 波振幅:  $RLI + SV_4$  男性  $\geq 1.6$  mV, 女性  $\geq 1.4$  mV。

加入 ECG 诊断 LVH 的常用标准共 13 项。把新的诊断标准  $RLI + SV_4$  同 Sokolow-Lyon 电压标准、Cornell 电压标准分别相联合, 计算各种诊断标准的灵敏度及特异度, 灵敏度 = 真阳性 / (真阳性 + 假阴性)  $\times 100\%$ , 特异度 = 真阴性 / (真阴性 + 假阳性)  $\times 100\%$ 。比较多种标准, 探讨新的标准对高血压患者合并 LVH 是否有诊断价值。

### 1.3 超声心动图

所有研究对象采用仰卧位和左侧卧位, 为获得相关公式所需数据, 探查胸骨旁左心室长轴切面, 在 M 型超声下测量左心室舒张期末内径 (left ventricular end-diastolic diameter, LVEDD)、舒张期末室间隔厚度 (interventricular septum thickness, IVS) 及舒张期末左心室后壁厚度 (posterior wall thickness, PWT), 连续测量 3 个周期, 并计算其平均值。采用 Devereux 公式计算左心室质量 (left ventricular mass, LVM),  $LVM(g) = 0.80 \times \{1.04 \times [(LVEDD + IVS + PWT)^3 - (LVEDD)^3]\} + 0.6$ 。体表面积 =  $0.0061 \times$  身高 (cm)  $+ 0.0128 \times$  体质量 (kg)  $- 0.1529$ 。左心室质量指数 (left ventricular mass index, LVMI) ( $g/m^2$ )

=  $LVM /$  体表面积。LVH 诊断标准为男性 LVMI 大于  $115 g/m^2$ , 女性 LVMI 大于  $95 g/m^2$  [12]。

### 1.4 统计学处理

应用 SPSS 22.0 软件完成统计学分析。分布的正态性采用 Kolmogorov-Smirnov 检验, 正态分布计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 两组间的差异用独立样本  $t$  检验, 若不符合正态分布, 以中位数和四分位数表示, 两组间的差异用 Mann-Whitney  $U$  检验。计数资料以例数 (百分比) 表示, 组间比较采用卡方检验。用 SPSS 软件绘制 ROC 曲线, 比较 ROC 的 AUC, 用配对卡方检验进行比较, 计算各种诊断标准的灵敏度及特异度, 用于判断对于 LVH 的诊断价值。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 研究对象的一般临床资料

分析了 280 例高血压患者, 男 147 例, 女 133 例, 年龄 37 ~ 92 岁, 平均  $(68.0 \pm 12.1)$  岁。患者分为左心室正常组、LVH 组两组, 两组间性别、年龄、糖尿病史、LVDd、IVST、PWT、左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)、LVMI 存在显著差异, 然而在心率、BMI、血脂、吸烟史和饮酒史方面没有显著差异 (表 1)。

### 2.2 ECG 单个导联和两个导联组合对高血压合并 LVH 的诊断价值

为了验证新的诊断标准是否适用于对高血压合并 LVH 患者的筛查, 分别计算单个导联及每两个导联振幅相加的 AUC。对 ECG 单个导联 AUC 计算结果表明,  $RLI$  ( $AUC = 0.63, P < 0.01$ ) 是较好预测 LVH 的因子, 而 SD 波 ( $AUC = 0.59, P < 0.05$ ) 次之, 见表 2。两个导联振幅相加的组合中,  $RLI + SV_4$  得到了最大的 AUC ( $AUC = 0.64, P < 0.01$ )。此外,  $RI + RaVL$ 、 $RI + RV_6$  和  $RaVL + RV_6$  也表现出了较高的 AUC ( $AUC = 0.63, P < 0.01$ ),  $SD + SV_4$  得到的 AUC 为  $0.59 (P < 0.05)$ , 见表 3。

### 2.3 ECG 诊断 LVH 的标准和 ROC 曲线

表 4 为在 13 项 ECG 诊断标准和 LVMI 标准双重定义下得到的左心室正常和 LVH 的例数。表 4 还加入新的诊断标准  $RLI + SV_4$  同目前临床公认的 Sokolow-Lyon 电压标准、Cornell 电压标准分别相联合, 同 13 项心电图诊断标准共同比较。 $RaVF > 2.0$  mV 标准在这次检测中发生次数为 0, 根据其余 12 项 ECG 标准绘制了 ROC 曲线, 图 2 比较了 LVH 每 6 个诊断标准的 AUC。新标准  $SD + SV_4$  的 AUC 较高

( $AUC = 0.59, P < 0.05$ )。Peguero 等<sup>[6]</sup>提出了新的心电图 SD+SV4、SD 波 ( $AUC = 0.80, P < 0.001$ ) 诊断 LVH 的标准,用 SD+SV4 中 S 波振幅的总和来诊断

LVH,提高了诊断的灵敏度。而本次研究发现新标准 RL I +SV4 ( $AUC = 0.64, P < 0.01$ ) 更适用于高血压患者合并 LVH 的初步筛查。

表 1. 研究对象的一般临床资料

Table 1. General clinical data of study subjects

指标	左心室正常组( $n=186$ )	LVH 组( $n=94$ )	总数( $n=280$ )	$P$
男/[例(%)]	110(59.1)	37(39.3)	147(52.5)	<0.01
年龄/岁	68(59,74)	73(64,79)	70(62,77)	<0.01
心率/(次/min)	78(72,82)	77(72,82)	78(72,81)	0.94
BMI/( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	23.78(21.60,25.76)	24.40(21.96,26.67)	23.94(21.81,26.11)	0.20
收缩压/mmHg	137(129,150)	140(130,152)	138(130,150)	0.24
舒张压/mmHg	80(76,89)	80(76,90)	80(76,90)	0.53
总胆固醇/(mmol/L)	4.22 $\pm$ 1.02	4.23 $\pm$ 1.11	4.22 $\pm$ 1.05	0.87
甘油三酯/(mmol/L)	1.22(0.87,1.86)	1.18(0.91,1.69)	1.18(0.89,1.74)	0.79
HDLc/(mmol/L)	1.29 $\pm$ 0.34	1.28 $\pm$ 0.29	1.29 $\pm$ 0.32	0.94
LDLc/(mmol/L)	2.48(1.99,2.93)	2.67(2.07,2.04)	2.52(2.00,2.98)	0.33
吸烟史/[例(%)]	31(16.7)	8(8.5)	39(13.6)	0.06
饮酒史/[例(%)]	17(9.1)	3(3.2)	20(7.0)	0.07
糖尿病史/[例(%)]	43(23.1)	40(42.6)	83(29.6)	<0.01
LVDd/mm	42.00(40.00,44.00)	45.00(43.00,47.00)	42.00(40.00,45.00)	<0.01
IVST/mm	10.80(10.00,11.50)	12.50(11.80,12.93)	11.35(10.40,12.50)	<0.01
PWT/mm	10.40(9.50,10.93)	11.70(11.20,12.40)	10.80(10.00,11.50)	<0.01
LVEF/%	64(62,65)	62(61,64)	63(62,65)	<0.01
LVMI/( $\text{g}/\text{m}^2$ )	86.53(78.64,97.21)	125.54(112.90,134.07)	96.67(82.76,114.59)	<0.01

注:HDLc:高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol);LDLc:低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein cholesterol)。

表 2. 单个导联诊断 LVH 的 AUC

Table 2. AUC in single lead for diagnosing LVH

导联	AUC	$P$	导联	AUC	$P$	导联	AUC	$P$	导联	AUC	$P$
RL I	0.63	<0.01	SL III	0.53	0.37	RaVF	0.55	0.17	RV5	0.58	<0.05
SL I	0.57	<0.05	RaVR	0.53	0.26	SaVF	0.51	0.86	SV5	0.53	0.42
RL II	0.51	0.74	SaVR	0.52	0.50	SV1	0.56	0.11	RV6	0.60	<0.05
SL II	0.51	0.64	RaVL	0.60	<0.01	SV3	0.54	0.33	SD	0.59	<0.05
RL III	0.57	0.07	SaVL	0.54	0.22	SV4	0.58	<0.05			

表 3. 两个导联振幅相加诊断 LVH 的 AUC

Table 3. AUC in sum of the amplitudes of two leads for diagnosing LVH

导联	AUC	$P$	导联	AUC	$P$	导联	AUC	$P$
R I + R II	0.56	0.10	R II + R III	0.54	0.27	R III + SaVL	0.57	0.07
R I + R III	0.55	0.14	R II + RaVL	0.57	0.08	R III + RaVF	0.56	0.09
R I + RaVL	0.63	<0.01	R II + SaVL	0.52	0.58	R III + SV3	0.51	0.89
R I + SaVL	0.61	<0.01	R II + RaVF	0.53	0.42	R III + SV4	0.53	0.47
R I + RaVF	0.56	0.14	R II + SV3	0.52	0.57	R III + RV5	0.55	0.21
R I + SV3	0.60	<0.01	R II + SV4	0.54	0.27	R III + SV5	0.53	0.43
R I + SV4	0.64	<0.01	R II + RV5	0.56	0.16	R III + RV6	0.56	0.13
R I + RV5	0.61	<0.01	R II + SV5	0.50	0.97	RaVL + SaVL	0.58	<0.05
R I + SV5	0.62	<0.01	R II + RV6	0.57	0.09	RaVL + RaVF	0.55	0.23



续表

导联	AUC	P	导联	AUC	P	导联	AUC	P
R I +RV6	0.63	<0.01	R III +RaVL	0.53	0.39	RaVL+SV3	0.58	<0.05
RaVL+SV4	0.61	<0.01	SaVL+SV4	0.56	0.10	RaVF+RV5	0.55	0.22
RaVL+RV5	0.61	<0.01	SaVL+RV5	0.57	0.06	RaVF+SV5	0.52	0.55
RaVL+SV5	0.58	<0.05	SaVL+SV5	0.51	0.87	RaVF+RV6	0.56	0.13
RaVL+RV6	0.63	<0.01	SaVL+RV6	0.59	<0.05	SV3+SV4	0.56	0.10
RV5+SV5	0.58	<0.05	SV4+RV5	0.59	<0.05	SV3+RV5	0.58	<0.05
RV5+RV6	0.59	<0.05	SV4+SV5	0.56	0.09	SV3+SV5	0.54	0.33
SV5+RV6	0.60	<0.01	SV4+RV6	0.61	<0.05	SV3+RV6	0.59	<0.05
SaVL+RaVF	0.56	0.12	RaVF+SV3	0.50	0.95	SD+SV4	0.59	<0.05
SaVL+SV3	0.52	0.59	RaVF+SV4	0.53	0.44			

表 4. ECG 诊断 LVH 的标准

Table 4. ECG criteria for diagnosing LVH

ECG 诊断 LVH 标准	定义和截止值	诊断判定	LVMI 标准(男>115 g/m <sup>2</sup> , 女>95 g/m <sup>2</sup> ) 判定/例		
			左心室正常组 (n=186)	LVH 组 (n=94)	总数
Sokolow-Lyon 电压标准	SV1+RV5 或 RV6 $\geq$ 3.5 mV	阳性	35	32	67
		阴性	151	62	213
Cornell 电压标准	RaVL+SV3>2.8 mV(男), >2.0 mV(女)	阳性	6	10	16
		阴性	180	84	264
Cornell 乘积标准	(RaVL+SV3) $\times$ QRS 时限 $\geq$ 244 mV $\cdot$ ms(男), (RaVL+SV3+0.8) $\times$ QRS 时限 $\geq$ 244 mV $\cdot$ ms(女)	阳性	11	13	24
		阴性	175	81	256
SD+SV4	最大振幅的 S 波(任一导联)+SV4 $\geq$ 2.8 mV (男), $\geq$ 2.3 mV(女)	阳性	25	29	54
		阴性	161	65	226
RL I +SV4	$\geq$ 1.6 mV(男), $\geq$ 1.4 mV(女)	阳性	54	47	101
		阴性	132	47	179
Lewis 标准	R I +S III -R III -S I >1.6 mV	阳性	7	11	18
		阴性	179	83	262
Gubner-Ungerleider 标准	R I +S III >2.5 mV	阳性	2	6	6
		阴性	184	90	274
R I	>1.5 mV	阳性	0	5	5
		阴性	186	89	275
RaVF	>2.0 mV	阳性	0	0	0
		阴性	186	84	280
RaVL	>1.1 mV	阳性	4	4	8
		阴性	182	90	272
RV5	>3.3 mV	阳性	8	12	20
		阴性	178	82	260
RV6	>2.5 mV	阳性	9	17	26
		阴性	177	77	254
RV6/RV5	>1.0	阳性	8	7	15
		阴性	178	87	265
RL I +SV4 联合 Sokolow-Lyon 电压标准	RL I +SV4 $\geq$ 1.6 mV(男), $\geq$ 1.4 mV(女), 联合 SV1+RV5 或 RV6 $\geq$ 3.5 mV	阳性	75	55	130
		阴性	111	39	150
RL I +SV4 联合 Cornell 电压标准	RL I +SV4 $\geq$ 1.6 mV(男), $\geq$ 1.4 mV(女), 联合 RaVL+SV3>2.8 mV(男), >2.0 mV(女)	阳性	54	47	101
		阴性	132	47	179

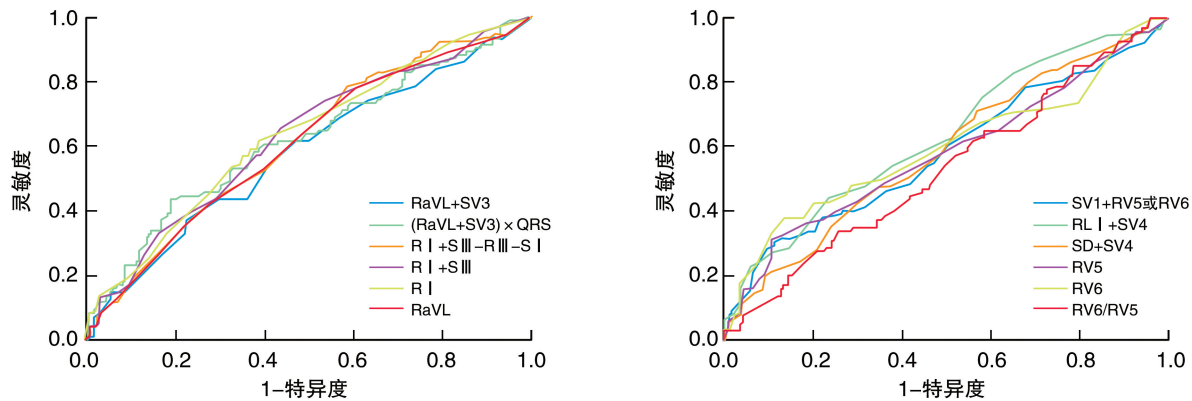


图 2. ECG 诊断 LVH 的 ROC 曲线

左图参与比较的标准: Cornell 电压标准, Cornell 乘积标准, Lewis 标准, Gubner-Ungerleider 标准, 肢体导联 I 的 R 波振幅, 肢体导联 RaVL 的 R 波振幅; 右图参与比较的标准: Sokolow-Lyon 电压标准, 肢体导联 I 的 R 波振幅与胸导联 V4 的 S 波振幅之和, 12 导联中拥有最大振幅的 S 波和胸导联 V4 的 S 波振幅之和, 胸导联 V5 的 R 波振幅, 胸导联 V6 的 R 波振幅, 胸导联 V6 与 V5 的 R 波振幅的比值。

Figure 2. ROC curve for ECG diagnosis of LVH

2.4 ECG 诊断 LVH 标准的 AUC、灵敏度和特异度比较

表 5 显示了 13 项 ECG 诊断标准的灵敏度、特异度和 AUC, 并把新的诊断标准 RL I +SV4 同目前临床公认的 Sokolow-Lyon 电压标准、Cornell 电压标准分别相联合, 计算灵敏度和特异度。RL I +SV4 (AUC=0.64,  $P<0.01$ ) 诊断 LVH 的灵敏度为 50%, 特异度为 71%, 配对卡方检验显示 RL I +SV4 诊断 LVH 与金标准 (LVMI 判定 LVH) 之间无明显统计

学差异。Cornell 乘积标准 (AUC=0.62,  $P<0.01$ ) 的灵敏度为 14%, 特异度为 94%。Lewis 标准 (AUC=0.62,  $P<0.01$ ) 的灵敏度为 12%, 特异度为 96%。另外 R I 和 R I +S III, 虽然 AUC 同为 0.63, 但是灵敏度不高, 分别只有 5% 和 4%。常用标准 Sokolow-Lyon 电压标准 (AUC=0.59,  $P<0.05$ ) 的灵敏度为 34%, 特异度为 82%。RL I +SV4 联合 Sokolow-Lyon 电压标准提高了诊断高血压患者合并 LVH 的灵敏度, 其灵敏度为 59%, 特异度为 60%。

表 5. 采用不同 ECG 标准诊断 LVH 的 AUC、灵敏度和特异度

Table 5. AUC, sensitivity and specificity of different ECG criteria for diagnosing LVH

ECG 诊断 LVH 标准	AUC	<i>P</i>	灵敏度/ [例(%)]	95% CI	特异度/ [例(%)]	95% CI	配对卡方 检验 <i>P</i> 值
Sokolow-Lyon 电压标准	0.59	<0.05	32/94(34)	0.25~0.45	151/186(82)	0.75~0.86	<0.01
Cornell 电压标准	0.58	<0.05	10/94(11)	0.50~0.19	180/186(97)	0.93~0.99	<0.01
Cornell 乘积标准	0.62	<0.01	13/94(14)	0.10~0.26	175/186(94)	0.89~0.97	<0.01
SD+SV4	0.59	<0.05	29/94(31)	0.22~0.41	161/186(87)	0.81~0.91	<0.01
RL I +SV4	0.64	<0.01	47/94(50)	0.40~0.60	132/186(71)	0.64~0.77	0.55
Lewis 标准	0.62	<0.01	11/94(12)	0.60~0.20	179/186(96)	0.92~0.98	<0.01
R I +S III	0.63	<0.01	4/94(4)	0.10~0.11	184/186(99)	0.96~0.10	<0.01
R I	0.63	<0.01	5/94(5)	0.20~0.13	186/186(100)	—	—
RaVF	0.55	0.17	0(0)	—	186/186(100)	—	—
RaVL	0.60	<0.01	4/94(4)	0.10~0.11	182/186(98)	0.94~0.99	<0.01
RV5	0.58	<0.05	12/94(13)	0.70~0.22	178/186(96)	0.91~0.98	<0.01
RV6	0.60	<0.05	17/94(18)	0.11~0.28	177/186(95)	0.91~0.98	<0.01
RV6/RV5	0.53	0.40	7/94(7)	0.30~0.15	178/186(96)	0.91~0.98	<0.01
RL I +SV4 联合 Sokolow-Lyon 电压标准	—	—	55/94(59)	0.48~0.68	111/186(60)	0.52~0.67	<0.01
RL I +SV4 联合 Cornell 电压标准	—	—	47/94(50)	0.40~0.60	132/186(71)	0.64~0.77	0.55

注:—:表示数据未获得。

### 3 讨 论

高血压合并 LVH 对患者有诸多危害,如降低冠状动脉的血流储备,影响左心室的功能,导致心力衰竭的发生,还会增加心律失常发生的风险,增加心血管事件和死亡风险,增加脑卒中的风险。有报道显示,对 6 105 名无心血管疾病的患者进行了 14 年的随访,研究高血压与 ECG 提示 LVH 及心血管疾病死亡率之间的相互关系,发现有高血压存在时 ECG 提示 LVH 的几率是没有高血压存在时的 2.5 倍,收缩压每增加 19 mmHg,ECG 提示 LVH 的几率增加 49% ( $P<0.001$ )<sup>[13]</sup>。中国 18 岁及以上成年人口中 23.2% (估计为 2.445 亿人)患有高血压,另外有 41.3% (估计为 4.353 亿人)属于高血压前期。在高血压患者中,知道自己病情的人占比 46.9%,正在服用抗高血压药物的人占比 40.7%,其中 15.3% 的人控制了高血压<sup>[14]</sup>。高血压导致末端器官损伤,左心室是损伤的主要靶区,高血压诱导左心室重构通常分为 3 种不同的几何形态:同心重塑、同心肥厚以及偏心肥厚<sup>[15]</sup>。LVH 通过诱导心内膜下心肌缺血和破坏心肌生理结构和机电特性,从而促使室性心律失常的发生,因此增加了心源性猝死的风险<sup>[16]</sup>。预防和逆转 LVH 成为治疗高血压的重要目标,及时查出可被治疗而逆转的 LVH,通过改变生活方式控制血压,使用抗高血压药物预防和恢复左心室阻力,就能延迟不良临床事件的发生。

单个 ECG 导联诊断 LVH 灵敏度低,特异度高。本次研究中,RL I ( $AUC=0.63, P<0.01$ ) 和 RaVL ( $AUC=0.60, P<0.01$ ) 虽然 AUC 相对较高,但是灵敏度都很低,分别只有 5% 和 4%。各个诊断标准灵敏度的差异,可能是由于不同种族造成的。虞建锋等<sup>[8]</sup>认为采用 Cornell 乘积标准来测量我国人群,ECG 诊断 LVH 的检出率没有西方人群高,同时在亚洲其他国家,如韩国和日本也有学者持相同的观点。对于种族不同的差异性,Su 等<sup>[17]</sup>认为 Sokolow-Lyon 电压标准对非裔美国患者有较好的灵敏度,而 Cornell 电压标准对白人患者有较好的灵敏度。无心脏病变的中老年患者,SD+SV4 标准诊断 LVH 的灵敏度最高,SD+SV4 标准联合其他 ECG 标准诊断 LVH 可能会进一步提高灵敏度<sup>[18]</sup>;该标准在本次研究中临床适用性没有 RL I +SV4 标准高,尚需扩大样本量进一步验证。另一新标准 RL I +SV4 ( $AUC=0.64, P<0.01$ ) 诊断 LVH 的灵敏度为 50%,特异度为 71%。本次研究显示 Sokolow-Lyon 电压标准、Cornell 电压标准、Cornell 乘积标准、Lewis 标

准这些传统标准对于 LVH 也都有很好的诊断价值。

此外,把 ECG 标准联合应用,比如心电图 Sokolow-Lyon 电压标准结合 ST-T 改变及与 Cornell 电压标准结合、互补,可以达到提高诊断 LVH 的灵敏度、特异度和准确性<sup>[19]</sup>。本次研究中 RL I +SV4 联合 Sokolow-Lyon 电压标准能够提高诊断高血压患者合并 LVH 的灵敏度,其灵敏度为 59%,特异度为 60%。有报道显示,LVH 产生的电生理和解剖改变不完全相同,由于出现心肌细胞肥大、间质纤维化的问题,有部分高血压患者 ECG 提示了 LVH,但是超声心动图和 X 线检查结果却未见异常,心脏磁共振成像检查则发现有左心室节段性肥厚,这种不同寻常的现象表明超声心动图和 ECG 诊断 LVH 各有优势<sup>[8]</sup>。在昂贵设备和高精尖人才无法具备的偏远地区,充分利用 ECG,有利于 LVH 的早期筛查。

本文通过超声心动图下二维超声公式计算测得的数据比较接近真实,但与真正的心脏大小和质量相比,仍有误差。今后需要扩大样本量,完善人群数据,进一步消除影响因素。与 2D 超声心动图相比,3D 超声心动图发展迅速,不仅依靠几何建模,还可以对非透视成像进行测量,使用人工智能自动化技术可以精确测量心室容积,这些新技术有助于 3D 超声心动图在常规临床实践中的应用<sup>[20-22]</sup>。

综上所述,新的 ECG 诊断标准 RLI+SV4 相较于 SD+SV4 更适合于高血压患者的 LVH 诊断,可用于高血压合并 LVH 的初步筛查,RLI+SV4 联合 Sokolow-Lyon 电压标准能够提高诊断高血压患者合并 LVH 的灵敏度;SD+SV4 标准临床适用性没有 RLI+SV4 标准高。

#### [参考文献]

- [1] 施玲霞, 张 锦. 维生素 D 缺乏与高血压相关研究进展[J]. 中国动脉硬化杂志, 2020, 28(2): 181-184.  
SHI L X, ZHANG J. Advances in research on vitamin D deficiency and hypertension[J]. Chin J Arterioscler, 2020, 28(2): 181-184.
- [2] WILLIAMS B, MANCIA G, SPIERING W, et al. 2018 ESC/ESH guidelines for the management of arterial hypertension[J]. Eur Heart J, 2018, 39(33): 3021-3104.
- [3] TANAKA T, YAHAGI K, ASAMI M, et al. Prognostic impact of electrocardiographic left ventricular hypertrophy following transcatheter aortic valve replacement[J]. J Cardiol, 2021, 77(4): 346-352.
- [4] 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.
- [5] DJORDJEVIC D B, TASIC I S, KOSTIC S T, et al. Electrocardiographic criteria which have the best prognostic significance in hypertensive patients with echocardiographic hypertrophy of left ventricle: 15-year prospective study[J]. Clin Cardiol, 2020, 43(9): 1017-1023.
- [6] PEGUERO J G, LO P S, PEREZ J, et al. Electrocardiographic criteria for the diagnosis of left ventricular hypertrophy[J]. J Am Coll Cardiol, 2017, 69(13): 1694-1703.
- [7] NARITA M, YAMADA M, TSUSHIMA M, et al. Novel electrocardiographic criteria for the diagnosis of left ventricular hypertrophy in the Japanese general population[J]. Int Heart J, 2019, 60(3): 679-687.
- [8] 虞建锋, 冯雪芳, 陈红辉, 等. 社区人群心电图左心室肥厚检出率分析[J]. 心电与循环, 2019, 38(2): 121-123.
- YU J F, FENG X F, CHEN H H, et al. The incidence of left ventricular hypertrophy based on electrocardiographic criteria in community residents[J]. J Electrocardiol Circ, 2019, 38(2): 121-123.
- [9] 朱韵, 杨盼, 葛志祥, 等. 高血压患者心电图SD波在诊断左心室肥厚中的价值[J]. 中国动脉硬化杂志, 2020, 28(2): 123-127.
- ZHU Y, YANG P, GE Z X, et al. The value of the deepest S wave of electrocardiogram in the diagnosis of left ventricular hypertrophy in patients with hypertension[J]. Chin J Arterioscler, 2020, 28(2): 123-127.
- [10] VERDECCHIA P, REBOLDI G, ANGELI F. The 2020 International Society of Hypertension global hypertension practice guidelines: key messages and clinical considerations[J]. Eur J Intern Med, 2020, 82: 1-6.
- [11] COSENTINO F, GRANT P J, ABOYANS V, et al. 2019 ESC guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases developed in collaboration with the EASD[J]. Eur Heart J, 2020, 41(2): 255-323.
- [12] JOINT COMMITTEE FOR GUIDELINE REVISION. 2018 Chinese guidelines for prevention and treatment of hypertension: a report of the Revision Committee of Chinese Guidelines for Prevention and Treatment of Hypertension[J]. J Geriatr Cardiol, 2019, 16(3): 182-241.
- [13] CAO X, BROUGHTON S T, WAITS G S, et al. Interrelations between hypertension and electrocardiographic left ventricular hypertrophy and their associations with cardiovascular mortality[J]. Am J Cardiol, 2019, 123(2): 274-283.
- [14] WANG Z, CHEN Z, ZHANG L, et al. Status of hypertension in China: results from the China hypertension survey, 2012-2015[J]. Circulation, 2018, 137(22): 2344-2356.
- [15] YILDIZ M, OKTAY A A, STEWART M H, et al. Left ventricular hypertrophy and hypertension[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2020, 63(1): 10-21.
- [16] SANIDAS E, MALLIARAS K, PAPADOPOULOS D, et al. Antihypertensive therapy and sudden cardiac death, should we expect the unexpected? [J]. J Hum Hypertens, 2020, 34(5): 339-345.
- [17] SU F Y, LI Y H, LIN Y P, et al. A comparison of Cornell and Sokolow-Lyon electrocardiographic criteria for left ventricular hypertrophy in a military male population in Taiwan: the cardiorespiratory fitness and hospitalization events in armed forces study[J]. Cardiovasc Diagn Ther, 2017, 7(3): 244-251.
- [18] JIANG X, QUAN X, YANG J, et al. Electrocardiographic criteria for the diagnosis of abnormal hypertensive cardiac phenotypes[J]. J Clin Hypertens, 2019, 21(3): 372-378.
- [19] 吴建敏, 林加锋. 不同形态心电图标准诊断左室肥厚的价值[J]. 中华全科医学, 2018, 16(6): 910-912.
- WU J M, LIN J F. Study of ECG criteria for the diagnosis of left ventricular hypertrophy[J]. Chin J Gen Pract, 2018, 16(6): 910-912.
- [20] MEDVEDOFSKY D, MOR-AVI V, AMZULESCU M, et al. Three-dimensional echocardiographic quantification of the left-heart chambers using an automated adaptive analytics algorithm: multicentre validation study[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2018, 19(1): 47-58.
- [21] TAMBORINI G, PIAZZESE C, LANG R M, et al. Feasibility and accuracy of automated software for transthoracic three-dimensional left ventricular volume and function analysis: comparisons with two-dimensional echocardiography, three-dimensional transthoracic manual method, and cardiac magnetic resonance imaging[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2017, 30(11): 1049-1058.
- [22] VOLPATO V, MOR-AVI V, NARANG A, et al. Automated, machine learning-based, 3D echocardiographic quantification of left ventricular mass[J]. Echocardiography, 2019, 36(2): 312-319.
- (此文编辑 曾学清)