

- [10] Yang LK, Tao YX. Physiology and pathophysiology of the β_3 -adrenergic receptor [J]. *Prog Mol Biol Transl Sci*, 2019, 161: 91-112.
- [11] Dessy C, Moniotte S, Ghisda P, et al. Endothelial β_3 -adrenoceptors mediate vasorelaxation of human coronary microarteries through nitric oxide and endothelium-dependent hyperpolarization [J]. *Circulation*, 2004, 110(8): 948-954.
- [12] Moniotte S, Kobzik L, Feron O, et al. Upregulation of β_3 -adrenoceptors and altered contractile response to inotropic amines in human failing myocardium [J]. *Circulation*, 2001, 103(12): 1649-1655.
- [13] 李为民, 孔一慧, 田颖, 等. β_3 受体激动剂对心力衰竭大鼠 β_1 、 β_2 、 β_3 肾上腺素能受体 mRNA 表达水平影响的实验研究 [J]. *中华心血管病杂志*, 2003, 31(1): 11-16.
- [14] Li B, Zhao Q, Wang LX, et al. Effect of β_3 -adrenergic receptor on atrial L-type Ca^{2+} current in rats with chronic heart failure [J]. *Heart Lung Circ*, 2014, 23(4): 369-377.
- [15] 林继红, 甘润娟, 李为民, 等. β_3 肾上腺素能受体阻滞剂 SR59230A 对心力衰竭大鼠心功能及 β_3 肾上腺素能受体表达的影响 [J]. *中国药房*, 2008, 19(16): 1214-1216.
- [16] Wang B, Xu M, Li W, et al. Aerobic exercise protects against pressure overload-induced cardiac dysfunction and hypertrophy via β_3 -AR-nNOS-NO activation [J]. *PLoS One*, 2017, 12(6): e0179648.
- [17] Trappanese DM, Liu Y, McCormick RC, et al. Chronic β_1 -adrenergic blockade enhances myocardial β_3 -adrenergic coupling with nitric oxide-cGMP signaling in a canine model of chronic volume overload: new insight into mechanisms of cardiac benefit with selective β_1 -blocker therapy [J]. *Basic Res Cardiol*, 2015, 110(1): 456.
- [18] Cannavo A, Rengo G, Liccardo D, et al. β_1 -blockade prevents post-ischemic myocardial decompensation via β_3 AR-dependent protective sphingosine-1-phosphate signaling [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 70(2): 182-192.
- [19] Bundgaard H, Axelsson A, Hartvig Thomsen J, et al. The first-in-man randomized trial of a β_3 adrenoceptor agonist in chronic heart failure: the BEAT-HF trial [J]. *Eur J Heart Fail*, 2017, 19(4): 566-575.
- [20] 李兴怡, 刘佳, 富路. 心力衰竭合并室性心律失常的研究及治疗进展 [J]. *心血管病学进展*, 2019, 40(3): 400-403.
- [21] 邓义军, 伍卫, 黄至斌, 等. 心力衰竭大鼠 β_3 -肾上腺素能受体兴奋对室颤阈值和心室有效不应期的影响 [J]. *中国病理生理杂志*, 2007, 23(5): 848-852.
- [22] Zhou S, Tan AY, Paz O, et al. Antiarrhythmic effects of β_3 -adrenergic receptor stimulation in a canine model of ventricular tachycardia [J]. *Heart Rhythm*, 2008, 5(2): 289-297.
- [23] 李海涛, 吴明, 马建林, 等. 激活 β_3 肾上腺素能受体对心衰家兔室性心律失常及心率变异性、心率震荡的影响 [J]. *海南医学*, 2014, 25(16): 2344-2346.
- [24] Ma Y, Bai F, Qin F, et al. Catheter ablation for treatment of patients with atrial fibrillation and heart failure: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2018, 18(1): 165-172.
- [25] Nattel S, Harada M. Atrial remodeling and atrial fibrillation: recent advances and translational perspectives [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(22): 2335-2345.
- [26] Cha TJ, Ehrlich JR, Zhang L, et al. Dissociation between ionic remodeling and ability to sustain atrial fibrillation during recovery from experimental congestive heart failure [J]. *Circulation*, 2004, 109(3): 412-418.
- [27] Zhao Q, Zeng F, Liu JB, et al. Upregulation of β_3 -adrenergic receptor expression in the atrium of rats with chronic heart failure [J]. *J Cardiovasc Pharmacol Ther*, 2013, 18(2): 133-137.
- [28] Wang X, Wang R, Liu G, et al. The β_3 adrenergic receptor agonist BRL37344 exacerbates atrial structural remodeling through iNOS uncoupling in canine models of atrial fibrillation [J]. *Cell Physiol Biochem*, 2016, 38(2): 514-530.
- [29] van den Berg NWE, Kawasaki M, Berger WR, et al. MicroRNAs in atrial fibrillation: from expression signatures to functional implications [J]. *Cardiovasc Drugs Ther*, 2017, 31(3): 345-365.
- [30] 赵强, 邹月柳, 邹筱冬, 等. β_3 肾上腺素能受体通过微小 RNA 对慢性心力衰竭大鼠左心房肌 L 型钙离子通道的调控 [J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2019, 21(1): 67-71.

收稿日期: 2019-06-02

鉴别流出道室性心律失常起源的体表心电图方法

陈康慧¹ 杨兵^{1,2}

(1. 南京医科大学研究生院, 江苏 南京 210029; 2. 南京医科大学附属第一医院心血管内科, 江苏 南京 210029)

【摘要】流出道室性心律失常是临床上最常见的特发性室性心律失常, 射频导管消融术是治疗这类疾病的主要手段。术前根据体表心电图判断心律失常的起源部位, 对标测和消融有着重要的临床意义。

【关键词】流出道室性心律失常; 起源部位; 心电图; 射频导管消融术

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.01.015

Surface Electrocardiogram to Identify the Origin of Outflow Tract Ventricular Arrhythmia

CHEN Kanghui¹, YANG Bing^{1,2}(1. *Nanjing Medical University Graduate School, Nanjing 210029, Jiangsu, China*; 2. *Department of Cardiology, The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, Jiangsu, China*)

【Abstract】 Outflow tract ventricular arrhythmia is the most common idiopathic ventricular arrhythmia. Radiofrequency catheter ablation has become the main treatment. According to the 12-lead surface electrocardiogram, the origin of outflow tract ventricular arrhythmia can be preliminarily predicted, which has important clinical significance and value for mapping and ablation.

【Key words】 Outflow tract ventricular arrhythmia; Origin; Electrocardiogram; Radiofrequency catheter ablation

流出道室性心律失常 (outflow tract ventricular arrhythmias, OT-VAs) 是临床最常见的特发性室性心律失常,多数被认为是良性心律失常,但亦有部分可引发多形性室性心动过速和心肌病,甚至心脏性猝死。近年来射频导管消融术治疗 OT-VAs 逐渐成熟,现已知约 80% 的 OT-VAs 来源于右室流出道 (right ventricular outflow tract, RVOT),近 20% 来自于左室流出道 (left ventricular outflow tract, LVOT)^[1]。目前通过体表心电图判断左右流出道起源的室性心律失常报道不多,实施过程中发现准确性有一定差异,且有些步骤复杂,为了进一步提高心电图预判的准确性,现对此进行综述。

1 OT-VAs 的解剖部位

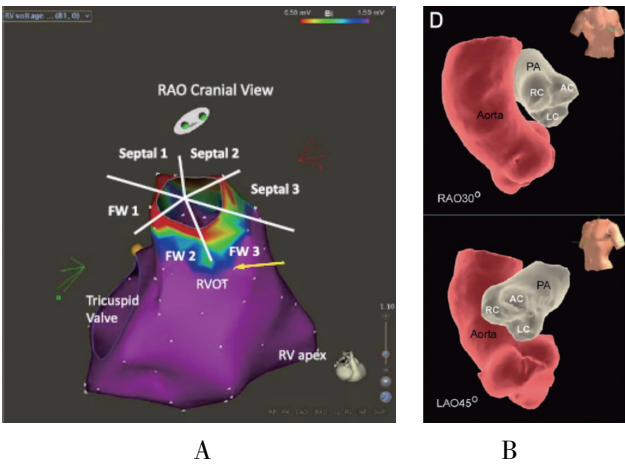
RVOT 起源部位主要包括 RVOT 和肺动脉瓣上, RVOT 又进一步细分为 RVOT 间隔部 (前、中、后)、RVOT 游离壁 (前、中、后)、肺动脉瓣下等 (图 1A),肺动脉瓣上又可进一步细分为肺动脉窦和肺动脉干等,其中肺动脉窦由右窦 (RC)、左窦 (LC) 和前窦 (AC) 组成 (图 1B)。早期对肺动脉窦起源的 OT-VAs 认识不够, Liao 等^[2]在消融术中进行肺动脉内造影以明确消融靶点位置,发现 218 例患者中 11% 起源于肺动脉窦, Liu 等^[3]通过腔内超声和三维电压标测相结合的方法,发现起源于肺动脉窦的 OT-VAs 一般位于肺动脉瓣瓣上 8~10 mm。

LVOT 起源主要包括主动脉窦 (aortic sinus cusp, ASC)、主动脉瓣瓣下、主动脉瓣与二尖瓣连接处以及 LVOT 心外膜 (心大静脉) 等 (图 2)。ASC 起源中以左冠窦 (left coronary cusp, LCC) 最多见,其次是右冠窦 (right coronary cusp, RCC) (图 3)。

2 鉴别 OT-VAs 起源的体表心电图 (表 1)

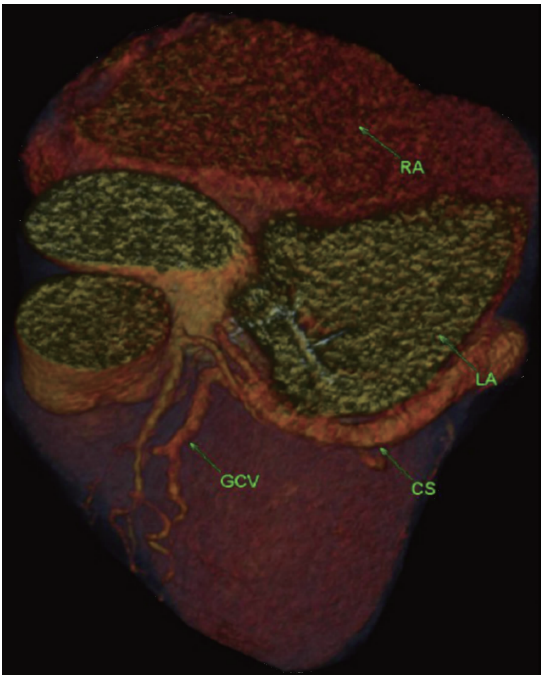
2.1 R 波间期和 R/S 波振幅

Ouyang 等^[5]发现,与 LVOT 的室性心律失常相比, RVOT 起源者的 V₁ 和 V₂ 导联上的 R 波时限较长,振幅更小,提出两个鉴别诊断指标: (1) R 波间期指数,即 V₁ 或 V₂ 上 R 波宽度与其对应 QRS 间期的比值, RVOT 起源者 (31.8% ± 13.5%) 显著小于 LVOT (58.3% ± 12.1%); (2) R/S 波振幅指数,即 V₁ 或 V₂ 上 R 与 S 波的振幅比中更大的值。同样 RVOT 起源者 (14.9% ± 9.9%) 明显小于 LVOT (56.7% ± 29.5%)。R 波间期指数 ≥ 50% 可预测是 LVOT 的 VAs,其特异性为 92%,敏感性为 45%; R/S 波振幅指数 ≥ 30% 预测 LVOT 起源,其特异性和敏感性分别为 86% 和 79%。



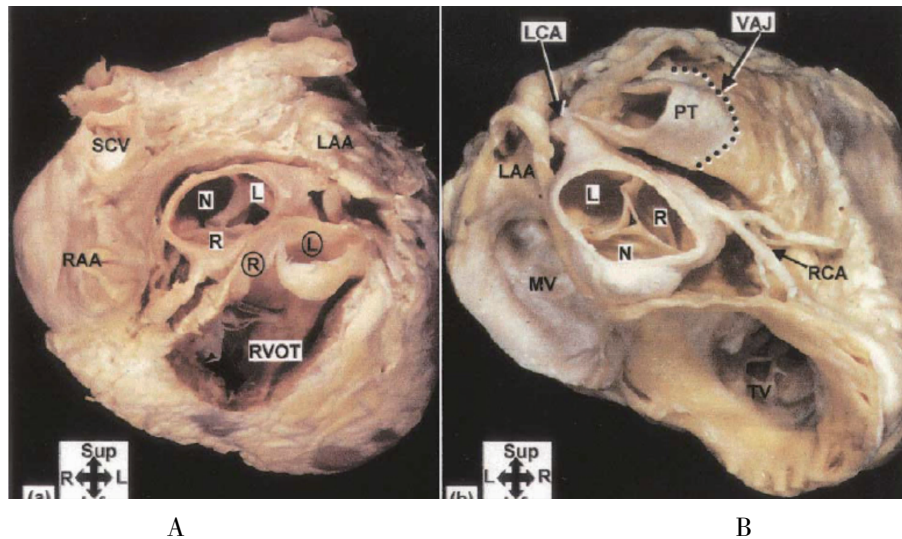
注: A 图是 RVOT 间隔部、游离壁的电解剖标测图,分为前、中、后三部分。RAO Cranial View: 前斜俯视位; Septal: 间隔部; FW: 游离壁; Tricuspid Valve: 三尖瓣; RV apex: 右室尖。图来源于 Liu 等^[3]。B 图是肺动脉窦的三维 CT 影像图,可见左窦最靠下,右窦、前窦相对靠上。PA: 肺动脉。图来源于 Liao 等^[2]。

图 1 RVOT 的解剖结构



注: 从图中可看出心大静脉穿过前房室沟, 流入冠状窦。GCV: 心大静脉; CS: 冠状窦; LA: 左心房; RA: 右心房。图来源于 Akkaya 等^[4]。

图 2 心大静脉的冠状动脉 CT 成像图



注:心脏标本显示了 ASC 的解剖结构以及 RVOT 的解剖位置关系。A 图中从上方观察, RVOT 从右下走形至主动脉瓣的左前方。B 图中从下方观察, LCC 和 RCC 靠近肺动脉干, 无冠窦靠近二尖瓣; L: LCC, R: RCC, N: 无冠窦, MV: 二尖瓣。图来源于 Ouyang 等^[5]。

图 3 ASC 的解剖结构

2.2 R 波振幅

Xie 等^[6]指出, 心电图呈左束支传导阻滞图形的 OT-VAs, 可起源于 RVOT 前、肺动脉瓣前、LCC、左右冠窦连接处、左室尖及前室间静脉这些解剖结构上临近的位置。用导联 I 上的 R 波振幅可做个简单的预判; 如果此数值 ≥ 0.1 mV, 是 LVOT 的可能很大, 其判断的敏感性和特异性分别为 75% 和 98.2%。若导联 I 上表现为 QS 型, 那么起源于 RVOT 前壁的可能性最大。

2.3 R 波转折间期和 R 波振幅比

Cheng 等^[7]利用 V_3 导联的 R 波转折间期, 即 R 波的起始点与最高峰之间的距离, 结合 V_1 上的 R 与 QRS 波群振幅比值判断 OT-VAs 的起源部位。 V_3 上的 R 波转折间期 > 80 ms, V_1 导联的 R 与 QRS 波群振幅比值 > 0.30 , 预测 LVOT 起源的准确率为 87.1%, 特异性和敏感性分别为 100% 和 82.6%, 阳性预测值 100%, 阴性预测值 66.7%。

表 1 鉴别起源的心电图方法

	病例数(n)	LVOT	敏感性(%)	特异性(%)
R 波间期指数(V_1 或 V_2)	15	$\geq 50\%$	45.0	92.0
R/S 振幅指数(V_1 或 V_2)	15	$\geq 30\%$	79.0	86.0
R 波振幅(I)	75	≥ 0.1 mV	75.0	98.2
R 波转折间期(V_3)和振幅比(V_1)	82	> 80 ms 和 > 0.30	82.6	100
V_2 S/ V_3 R 比值	207	≤ 1.5	89.0	94.0
V_2 移行比	40	≥ 0.6	95.0	100
胸导联移行区指数	112	< 0	88.0	82.0
振幅(V_3 R、 V_4 R 和 V_5 R)	63	R 波 $>$ S 波	100	100
V_4/V_8 比	134	> 3	75.0	82.0
V_4/V_8 指数	134	> 2.28	67.0	96.0
V_3 R/ V_7 指数	191	≥ 0.85	87.0	96.0
偶联间期	196	> 100 ms	89.5	93.9
V_{1-2} SRd	123	≤ 1.625	95.1	85.5
QRS-RVA	107	≥ 49 ms	98.0	94.6
诊断模型	488	≥ -0.76	90.0	87.0

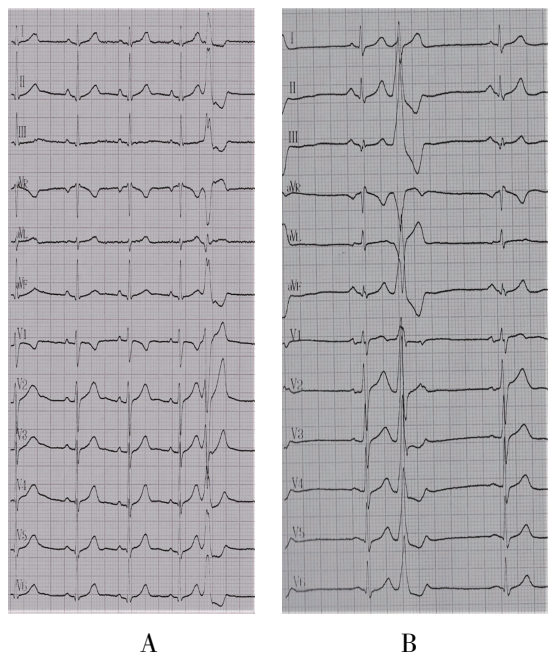
2.4 V_2 S/ V_3 R 比值

胸前移行导联在 V_3 的 OT-VAs 既有可能是 LVOT, 也有可能是 RVOT, 是利用体表心电图鉴别起源位置的难点。Yoshida 等^[8]提出 V_2 S/ V_3 R 指数, 即 V_2 上的 S 波与 V_3 上的 R 波的振幅比值, 可用于鉴别 OT-VAs 起源点。 V_2 S/ V_3 R ≤ 1.5 提示 LVOT 起源, 其特异性和敏感性分别为 94% 和 89%, 阳性和阴性预测

值分别为 84% 和 96%。

2.5 胸导联移行

胸前移行导联在判断 OT-VAs 起源点方面起着重要的角色, 且简单易掌握。RVOT 的 VAs 胸导联移行多在 V_4 及 V_4 之后, 而 LVOT 的多在 V_2 及 V_2 之前^[9], 且 Yoshida 等^[8]发现 LVOT 的 OT-VAs 最晚移行在 V_4 导联(图 4)。



注: A 图为 RVOT 的体表心电图,可见胸前移行导联在 V_4 ; B 图为 LVOT 的体表心电图,可见胸前移行导联在 V_1 。

图 4 体表心电图

2.6 V_2 移行比

Betensky 等^[10]提出 V_2 移行比这一新的指标,即 V_2 导联上 OT-VAs 的 QRS 波群与窦性心律的 QRS 波的 $R/R + S$ 的比, LVOT 起源者 V_2 移行比 (1.27 ± 0.60) 显著大于 RVOT 起源者 (0.23 ± 0.16)。 V_2 移行比 ≥ 0.6 预测 LVOT 的准确率为 91%, 特异性和敏感性分别为 100% 和 95%, 阳性和阴性预测值分别为 100% 和 95%。室性心律的胸导联移行比小于窦性心律者可排除 LVOT 起源, 准确率是 100%, 特异性和敏感性分别为 100% 和 19%。

2.7 胸导联移行区指数

Yoshida 等^[11]发现胸导联移行区指数这一新的指标,即用 OT-VAs 的胸导联移行区分数减去窦律下的相应分数。发现 LVOT 起源的明显比 RVOT 的要小, LVOT 的该指数为 (-1.2 ± 0.9), RVOT 的为 (0.3 ± 0.7)。胸导联移行区指数小于 0 判断 LVOT 起源, 其特异性和敏感性分别为 82% 和 88%, 且不受心脏转位的影响。

2.8 附加导联

Nakano 等^[12]指出右胸导联 (V_3R 、 V_4R 和 V_5R) 可用于预测 OT-VAs 的起源。 V_3R 、 V_4R 和 V_5R 上 R 波振幅 $>$ S 波振幅预测 LVOT 起源的敏感性和特异性都为 100%; V_3R 、 V_4R 和 V_5R 上 R 波振幅均 $<$ S 波的预测 RVOT 游离壁起源的特异性为 85%, 敏感性为 100%; 移行导联在 $V_3R \sim V_5R$ 提示 RVOT 间隔部起源

的特异性为 100%, 敏感性为 85%。

而 Igarashi 等^[13]也发现 V_5R 导联的 QRS 形态可区分 OT-VAs 的起源, 其判断的准确率为 75%。 LVOT 起源的 OT-VAs 中, RCC 呈 QS 型, 左右冠窦连接处呈 qR 型, LCC 呈 R 型; 而 RVOT 游离壁是 Rs 型, RVOT 间隔呈 rS 型, 其特异性和敏感性分别为 91% 和 87%, 阳性和阴性预测值分别为 92% 和 87%。

Zhang 等^[14]利用 V_4/V_8 比 (即导联 V_4 与正后壁导联 V_8 的 R 波振幅比) 和 V_4/V_8 指数 (即室性波的 V_4 、 V_8 导联 R 波振幅比与窦性波的比值) 区分 OT-VAs 的起源。 V_4/V_8 比 > 3 提示 LVOT 起源的特异性和敏感性分别为 82% 和 75%, 阳性和阴性预测值分别为 64% 和 89%; V_4/V_8 指数 > 2.28 预测 LVOT 起源的特异性和敏感性分别为 96% 和 67%, 阳性及阴性预测值分别为 89% 和 87%。尤其, 对于胸导联移行在 V_3 上的, V_4/V_8 指数 > 2.28 是 LVOT-VAs 的特异性为 100%, 阳性预测值为 100%; 且对比发现, 此指标明显优于 V_2 移行比和 V_2S/V_3R 。

近年来, Cheng 等^[15]提出了新的鉴别诊断指标 V_3R/V_7 指数, 即 V_3R 与 V_7 的 R 波振幅比, LVOT 起源者的 V_3R/V_7 指数显著大于 RVOT 起源者。 V_3R/V_7 指数 ≥ 0.85 预测 LVOT 起源的特异性为 96%, 敏感性为 87%, 排除 RVOT 起源的准确率 98.6%, 优于上述指标。

2.9 偶联间期

Qin 等^[16]用回顾性和前瞻性方法研究了胸导联移行在 V_3 上的 OT-VAs 心电图, 发现 LVOT 组的偶联间期 (coupling interval variability, CIV) 为 (145 ± 44) ms, 即窦性波 QRS 起始与继之出现的室性波 QRS 起始之间的距离的极差, 显著大于 RVOT 组的 CIV [(64 ± 24) ms]。以 CIV > 100 ms 来区分 OT-VAs 起源, 其判断的敏感性及特异性分别为 89.5% 和 93.9%, 阳性及阴性预测值分别为 85.0% 和 95.8%, 总准确率为 92.6%。

2.10 V_{1-2} SRd

Kaypakli 等^[17]创造出了一种鉴别流出道起源的新算法 V_{1-2} SRd (S-R difference in V_1-V_2), 即导联 V_1 、 V_2 上的 S 波振幅与 R 波振幅之差 ($V_1S + V_2S$) - ($V_1R + V_2R$)。他们发现 LVOT 的 V_{1-2} SRd (0.52 ± 1.13) 显著小于 RVOT (2.46 ± 0.74); 以 V_{1-2} SRd > 1.625 预测 RVOT 起源, 敏感性 95.1%, 特异性 85.5%, 阳性预测值 86.5%, 阴性预测值 94.5%。

2.11 QRS-RVA 间期

Efimova 等^[18]报道 QRS-右心室心尖部 (right ventricular apex, RVA) 间期, 即 12 导联上 QRS 波最早的起始点与 RVA 处标测的 QRS 起始点之间的距离,

LVOT 起源组的 QRS-RVA 间期为 (70 ± 14) ms, RVOT 起源组则为 (33.4 ± 10) ms。QRS-RVA 间期 ≥ 49 ms 提示 LVOT 起源的特异性为 94.6%, 敏感性为 98%, 阳性预测值为 94.1%, 阴性预测值为 98.1%, 且不受心脏转位、体型和呼吸节律等因素的影响。

2.12 诊断模型

He 等^[19]根据既往研究推演出一种区分 OT-VAs 起源的算法, 即 $Y = -1.15 \times (TZ) - 0.494 \times (V_2S/V_3R)$, $Y \geq -0.76$ 提示 LVOT 起源, $Y < -0.76$ 提示 RVOT 起源, 其敏感性为 90%, 特异性为 87%。

3 OT-VAs 的其他心电图特征(表 2)

OT-VAs 共同的体表心电图特征为下壁导联呈高大直立的单向 R 波。

RVOT 起源者的胸前导联往往呈左束支传导阻滞

表 2 OT-VAs 其他心电图特征

	胸前导联 QRS 形态	移行导联	V ₅ R	I
RVOT	左束支传导阻滞	$\geq V_4$		
间隔部		V ₃ 或 V ₃ ~ V ₄	rS	
游离壁		$\geq V_4$	Rs	
LVOT	右或左束支传导阻滞	$\leq V_2$		
LCC			R	rS
RCC			QS	单向 R
左右冠窦连接处			qR	

主动脉瓣瓣下起源的 OT-VAs 胸前移行在 V₂ 之前, V₅、V₆ 上呈 Rs 型。部分患者室性心律失常起源于主动脉瓣与二尖瓣连接处的中间部分, 其心电图出现“反常胸导联移行”现象, 即 V₁ 和 V₃ 上表现为单向 R 波, 而 V₂ 上 R 波与 S 波振幅相等^[23]。心外膜起源的 OT-VAs 多见于心大静脉或前室间静脉; Mountantonakis 等^[24]报道前室间静脉起源的 OT-VAs I 导联可表现为 rS 或 S 型, Hayashi 等^[25]发现其在导联 V₁、V₃ 有 R 波, V₂ 上 R 缺失。而 Hachiya 等^[26]报道, 心大静脉起源时 V₁ 导联 R/S 振幅比率及 QRS 波间期均大于前室间静脉起源。

4 结语

研究表明, OT-VAs 可能会导致左室收缩功能减退、心动过速性心肌病甚至猝死^[27], 而经治疗后, 随着室性期前收缩负荷的下降或消失, 其左室收缩功能及左房重构等会得到明显改善^[28]。当下, 射频导管消融术已成为治疗 OT-VAs 的主要方法之一。因其不同的解剖结构, OT-VAs 表现出特定的心电图特征, 而在实行消融手术之前, 利用心电图特征对其起源部位进行判断可帮助制定合理的手术方案, 缩短消融时间, 减少辐射暴露量, 提高治疗的成功率, 并且在一定程度上减少手术并发症。然而, 本文综述的上述鉴别 OT-VAs 起源的体表心电图方法各有优势及不足之处, 仍需大型的临床研究提供更可靠的临床依据, 拟为今后

图形。I 导联以正向波为主时, 其起源点可能偏后; 而以负向波为主时, 则可能偏前。相比间隔部起源移行多在 V₃ 或 V₃ ~ V₄; 游离壁起源者多在 V₄ 及以后, 且其下壁导联 QRS 波间期较长、振幅较小, 可见顿挫。LVOT 起源者的胸前导联可呈左或右束支传导阻滞图形。主动脉瓣上的 OT-VAs 其 V₅、V₆ 上往往无 S 波^[20]。起源于 LCC 的 OT-VAs, I 导联多表现为 rS, III 导联 R 波振幅大于 II 导联, aVL 的 Q 波较 aVR 的深。RCC 起源的 OT-VAs, I 导联多表现为单向 R 波, II 导联 R 波振幅大于 III 导联, aVR 的 Q 波较 aVL 的深。起源于 LCC 和 RCC 之间的 OT-VAs^[21], V₁ ~ V₃ 中至少一个导联呈 qrS 型, 或 V₁ 上呈 QS 型且 QRS 波下降支有顿挫^[22]。

制定出更准确的心电图定位方法提供依据, 临床中需结合使用, 求同存异。当不同鉴别诊断方法出现矛盾时, 需分析原因, 并在标测和消融过程中对邻近解剖部位多加关注。

参考文献

- [1] Pedersen CT, Kay GN, Kalman J, et al. EHRA/HRS/APHR expert consensus on ventricular arrhythmias [J]. *Europace*, 2014, 16(9): 1257-1283.
- [2] Liao Z, Zhan X, Wu S, et al. Idiopathic ventricular arrhythmias originating from the pulmonary sinus cusp [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2015, 66(23): 2633-2644.
- [3] Liu CF, Cheung JW, Thomas G, et al. Ubiquitous myocardial extensions into the pulmonary artery demonstrated by integrated intracardiac echocardiography and electroanatomic mapping: changing the paradigm of idiopathic right ventricular outflow tract arrhythmias [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2014, 8(7): 691-700.
- [4] Akkaya S, Ardali S, Balci S, et al. Anomalous small cardiac vein draining into the superior vena cava [J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2015, 9(3): 236-237.
- [5] Ouyang FF, Fotuhi P, Ho SY, et al. Repetitive monomorphic ventricular tachycardia originating from the aortic sinus cusp: electrocardiographic characterization for guiding catheter ablation [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2002, 39(3): 500-508.
- [6] Xie SL, Kubala M, Liang JJ, et al. Lead I R-wave amplitude to differentiate idiopathic ventricular arrhythmias with left bundle branch block right inferior axis originating from the left versus right ventricular outflow tract [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2018, 29(11): 1515-1522.
- [7] Cheng ZW, Cheng KA, Deng H, et al. The R-wave deflection interval in lead

- V₃ combining with R-wave amplitude index in lead V₁: a new surface ECG algorithm for distinguishing left from right ventricular outflow tract tachycardia origin in patients with transitional lead at V₃ [J]. *Int J Cardiol*, 2013, 168 (2): 1342-1348.
- [8] Yoshida N, Yamada T, Mcelderry HT, et al. A novel electrocardiographic criterion for differentiating a left from right ventricular outflow tract tachycardia origin: the V₂S/V₃R index [J]. *Cardiovasc Electrophysiol*, 2014, 25 (7): 747-753.
- [9] Yamada T. Idiopathic ventricular arrhythmias: relevance to the anatomy, diagnosis and treatment [J]. *J Cardiol*, 2016, 68: 463-471.
- [10] Betensky BP, Park RE, Marchlinski FE, et al. The V₂ transition ratio: a new electrocardiographic criterion for distinguishing left from right ventricular outflow tract tachycardia origin [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 57 (22): 2255-2262.
- [11] Yoshida N, Inden Y, Uchikawa T, et al. Novel transitional zone index allows more accurate differentiation between idiopathic right ventricular outflow tract and aortic sinus cusp ventricular arrhythmias [J]. *Heart Rhythm*, 2011, 8 (3): 349-356.
- [12] Nakano M, Ueda M, Ishimura M, et al. Estimation of the origin of ventricular outflow tract arrhythmia using synthesized right-sided chest leads [J]. *Europace*, 2014, 16 (9): 1373-1378.
- [13] Igarashi M, Nogami A, Sekiguchi Y, et al. The QRS morphology pattern in V₅R is a novel and simple parameter for differentiating the origin of idiopathic outflow tract ventricular arrhythmias [J]. *Europace*, 2015, 17 (7): 1107-1116.
- [14] Zhang F, Hamon D, Fang Z, et al. Value of a posterior electrocardiographic lead for localization of ventricular outflow tract arrhythmias: the V₄/V₈ ratio [J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2017, 3 (7): 678-686.
- [15] Cheng D, Ju WZ, Zhu LL, et al. V₃R/V₇ index: a novel electrocardiographic criterion for differentiating left from right ventricular outflow tract arrhythmias origins [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2018, 11 (11): e006243.
- [16] Qin F, Zhao YW, Bai F, et al. Coupling interval variability: a new diagnostic method for distinguishing left from right ventricular outflow tract origin in idiopathic outflow tract premature ventricular contractions patients with precordial R/S transition at lead V₃ [J]. *Int J Cardiol*, 2018, 269: 126-132.
- [17] Kaypakli O, Koca H, Sahin DY, et al. S-R difference in V₁-V₂ is a novel criterion for differentiating the left from right ventricular outflow tract arrhythmias [J]. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 2018, 23 (3): e12516.
- [18] Efimova E, Dinov B, Acou WJ, et al. Differentiating the origin of outflow tract ventricular arrhythmia using a simple, novel approach [J]. *Heart Rhythm*, 2015, 12 (7): 1534-1540.
- [19] He Z, Liu M, Yu M, et al. An electrocardiographic diagnostic model for differentiating left from right ventricular outflow tract tachycardia origin [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2018, 29 (6): 908-915.
- [20] Hachiya H, Aonuma K, Yamauchi Y, et al. Electrocardiographic characteristics of left ventricular outflow tract tachycardia [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2000, 23 (11 Pt 2): 1930-1934.
- [21] Yamada T, Yoshida N, Murakami Y, et al. Electrocardiographic characteristics of ventricular arrhythmias originating from the junction of the left and right coronary sinuses of Valsalva in the aorta: the activation pattern as a rationale for the electrocardiographic characteristics [J]. *Heart Rhythm*, 2008, 5 (2): 184-192.
- [22] Bala R, Garcia FC, Hutchinson MD, et al. Electrocardiographic and electrophysiologic features of ventricular arrhythmias originating from the right/left coronary cusp commissure [J]. *Heart Rhythm*, 2010, 7 (3): 312-322.
- [23] Chen J, Hoff PI, Rossvoll O, et al. Ventricular arrhythmias originating from the aortomitral continuity: an uncommon variant of left ventricular outflow tract tachycardia [J]. *Europace*, 2012, 14 (3): 388-395.
- [24] Mountantonakis SE, Frankel DS, Tschabrunn CM, et al. Ventricular arrhythmias from the coronary venous system: prevalence, mapping, and ablation [J]. *Heart Rhythm*, 2015, 12 (6): 1145-1153.
- [25] Hayashi T, Santangeli P, Pathak RK, et al. Outcomes of catheter ablation of idiopathic outflow tract ventricular arrhythmias with an R wave pattern break in lead V₂: a distinct clinical entity [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2017, 28 (5): 504-514.
- [26] Hachiya H, Hirao K, Nakamura H, et al. Electrocardiographic characteristics differentiating epicardial outflow tract ventricular arrhythmias originating from the anterior interventricular vein and distal great cardiac vein [J]. *Circ J*, 2015, 79 (11): 2335-2344.
- [27] Wang Y, Eltit JM, Kaszala K, et al. Cellular mechanism of premature ventricular contraction-induced cardiomyopathy [J]. *Heart Rhythm*, 2014, 11 (11): 2064-2072.
- [28] Akkaya M, Roukoz H, Adabag S, et al. Improvement of left ventricular diastolic function and left atrial reserve remodeling after catheter ablation of premature ventricular complexes [J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2013, 38 (3): 179-185.

收稿日期: 2019-01-31