

左后乳头肌起源室性心律失常在三维心腔内 超声引导下的导管消融研究*

刘相飞¹ 王璘²

[摘要] **目的:**采用三维心腔内超声技术引导下,探讨起源于左心室后乳头肌的室性期前收缩和室性心动过速的电生理特征,并探讨导管消融的有效性和安全性。**方法:**纳入2016年7月—2020年6月收治的36例左后乳头肌起源的室性心律失常病例,常规采用三维心腔内超声技术,完成电生理标测和射频消融。统计和分析心电图和腔内心电图的特征,随访12个月观察导管消融的有效性。**结果:**36例的体表心电图(ECG)QRS波具有相同的特征:均为右束支阻滞图形,平均时程(147±10)ms, QRS波起始段斜率较大。I导联呈Rs型,下壁导联(II、III、aVF)主波以负向为主, aVR导联呈特征性的qR型, aVL导联则以正向为主。胸前导联V₁~V₃主波为正,而V₅、V₆导联可见到较深的S波。36例均成功完成标测和消融,有效消融靶点电位具有类似的特征。随访12个月无原发性心律失常发作。**结论:**左后乳头肌起源的室性心律失常具有相似体表和腔内心电图特征。应用三维心腔内超声技术可以直视下明确定位,导管消融能够有效安全地终止该类室性心律失常发作。

[关键词] 心腔内超声;左后乳头肌;室性心律失常;导管消融

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2022.01.012

[中图分类号] R541.7 **[文献标志码]** A

Catheter ablation guided by three-dimensional intracardiac ultrasound in ventricular arrhythmia originating from the left posterior papillary muscle

LIU Xiangfei¹ WANG Jin²

(¹Department of Cardiology, Central Hospital of Shengli Oil Field, Dongying, Shandong, 257034, China; ²Department of Cardiology, the First Affiliated Hospital, Zhengzhou University)

Corresponding author: LIU Xiangfei, E-mail: zhaoyang20023903@126.com

Abstract Objective: The purpose of this study was to investigate the electrophysiological characteristics of ventricular premature beats and ventricular tachycardia originated from the posterior papillary muscle of the left ventricle under the guidance of three-dimensional intracardiac ultrasound, and to explore the effectiveness and safety of catheter ablation. **Methods:** Thirty-six cases of PVC/VT originating from the left ventricular posterior papillary muscles were recorded from July 2016 to June 2020 in the Central Hospital of Shengli Oil Field and The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University. Electrophysiological mapping and radiofrequency catheter ablation (RFCA) were performed using three-dimensional intracardiac ultrasound technology. The characteristics of the body surface and intracavity electrocardiogram were analyzed. All cases were followed up for 12 months after the operation. **Results:** The VAs of all 36 cases were successfully eliminated by catheter ablation. QRS complexes were observed with a right bundle branch block(RBBB) pattern and a steep slope in the initial segment. Lead I appeared with an Rs pattern, and inferior leads(lead II, III, and aVF) were usually with an S wave. The lead aVR appeared with a qR pattern, while the R wave was commonly found in aVL. The main wave in leads V₁-V₃ was positive but negative in V₅ and V₆. **Conclusion:** VAs originating from the left ventricular posterior papillary muscles have similar electrophysiological characteristics. The origin site was accurately located using three-dimensional intracardiac ultrasound technology. Catheter ablation effectively and safely eliminated VAs.

Key words intracardiac ultrasound; left posterior papillary muscles; ventricular arrhythmia; catheter ablation

*基金项目:山东省医药卫生科技发展计划项目(No:2019WS043)

¹胜利油田中心医院心内科(山东东营,257034)

²郑州大学第一附属医院

通信作者,刘相飞, E-mail: zhaoyang20023903@126.com

[14] Marrouche NF, Wilber D, Hindricks G, et al. Association of atrial tissue fibrosis identified by delayed enhancement MRI and atrial fibrillation catheter ablation: the DECAAF study[J]. JAMA, 2014, 311(5): 498-506.

[15] Hori Y, Nakahara S, Fukuda R, et al. Atrial reverse

remodeling represented by the atrial conduction time in persistent atrial fibrillation patients after catheter ablation: its impact on predicting late atrial fibrillation recurrence[J]. J Cardiol, 2020, 75(5): 521-528.

(收稿日期:2021-08-17)

特殊部位起源的特发性室性期前收缩(premature ventricular contraction, PVC)和室性心动过速(ventricular tachycardia, VT)近年来一直是心脏电生理领域研究的热点。随着以压力监测技术为代表的新技术、新设备的大量涌现,和医务人员对该类疾病的认识进一步加深,对PVC和VT的研究也更加深入。对于起源于左室乳头肌的PVC和VT,既往认为这一类型的心律失常具有特殊的电生理特征^[1-3]。但由于左心室乳头肌的基底部宽大、个体差异大,在标测和消融时消融导管难以到位和贴靠困难,故相当一部分病例消融难以成功,且复发率较高。本研究采用三维心腔内超声技术,联合电解剖标测,于直视下研究左后乳头肌(left posterior papillary muscle, LPPM)起源的PVC和VT的体表和腔内心电图特征,探讨导管消融的有效性和安全性。

1 对象与方法

1.1 对象

入选2016年7月—2020年6月收治的36例证实起源于LPPM的室性心律失常患者作为实验组(LPPM组),其中33例患者为初次手术,3例曾在外院行导管消融失败。另以收治的33例起源于临近的左后分支(LPF)的室性心律失常患者作为对照组(LPF组)纳入研究。术前常规行相关检查,经影像学和血清学检测,排除器质性心脏病和可能引起心律失常的其他疾病,如甲状腺功能亢进、电解质紊乱等。同时排除可能导致患者不能耐受手术的疾病,如严重心力衰竭、严重感染等。若经胸超声心动图提示左室舒张末期内径(LVEDD) >55 mm或室壁运动异常,则进一步行磁共振扫描(MR)及冠状动脉CT血管造影排除器质性心脏病。术前停用抗心律失常药物至少5个半衰期(其中纳入研究的所有患者术前所应用的抗心律失常药物中均无胺碘酮)。

1.2 方法

PVC:患者在稳定发作下进行消融手术,若期前收缩较少,给予异丙肾上腺素静脉滴注,以诱发期前收缩。VT患者则常规放置右室电极(Daig, 圣犹达公司),电生理刺激能够诱发与原来形态一致的心动过速后,方可进行射频消融手术。

建立解剖模型:所有病例均采用三维心腔内超声导管(SoundStar,美国强生公司)联合三维电解剖标测系统(CARTO 3,美国强生公司)进行。超声引导下建立右心室、左心室模型,并细致构建左前乳头肌、左后乳头肌形态,记录左后乳头肌肌束数量。

标测和消融:采用NavistarSmartTouch导管(美国强生公司)至左心室,PVC或VT发作下行激动标测。其中,31例经主动脉逆行途径,5例因

逆行途径到位失败,遂穿刺房间隔,由左心房进入左心室。标测采用热点追踪法,每个点的压力控制在5~20 g,避免贴靠不佳或过度压迫心肌。ECG形态主要记录QRS波群时程、主波方向和形态。腔内心电图主要记录有效靶点局部动作电位(LAT)领先最早的QRS波起点的时程,起始向量方向和形态特征。标测到最早激动点视为心动过速的起源点,记录局部电位特征。于最早点处尝试放电,消融参数为功率模式35 W,0.9%氯化钠灌注17 mL/min。若期前收缩不再出现或心动过速终止,巩固消融至少30 s,由三维超声同步证实最终消融有效靶点的部位。原发心律失常消失,重复诱发条件如静脉滴注异丙肾上腺素、心室刺激,观察60 min以上,心律失常不能诱发,视为手术终点。若反复标测及尝试消融均无效,则视为消融失败。

随访:全部患者由专人电话随访12个月,术后即刻和手术次日行标准12导联体表ECG,3个月、6个月、12个月时分别行24 h动态心电图(Holter)检查,结合症状,确认有无心律失常发作。

1.3 统计学处理

所有数据采用SPSS 23.0进行统计学分析。计数资料采用例(%)表示,计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。计数资料的比较采用 χ^2 检验,计量资料比较采用 t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线特征

LPPM组36例患者中,有28例有不同程度的症状,包括心悸、头晕、胸闷等,但无晕厥。LPF组症状以心悸为主,有1例出现晕厥。两组术前均至少口服2种以上包括 β 受体阻滞剂在内的抗心律失常药物且效果不佳。

LPPM组所有患者中,有7例LVEDD >55 mm,且其中5例左室射血分数(EF) $<55\%$ 。经进一步MR扫描及冠状动脉CT血管造影,未发现原发病以外的器质性心脏病证据;LPF组中,有3例同样出现无其他原因的心室扩大和EF降低。考虑其心室扩大和心功能下降与原发室性心律失常有关,提示原发病已经诱发心功能损害,是干预心律失常的重要指征^[4-5]。

LPPM组36例中,男性占58.3%(21/36),平均年龄(41 \pm 16)岁。心律失常类型以PVC为主,占77.8%(28/36)。LPF组中,男性占81.8%(27/33),平均年龄(19 \pm 17)岁,心律失常类型以VT为主(90.9%,30/33)。两组患者在LVEDD、EF方面没有明显差异,但平均年龄、性别构成、心律失常类型则有明显差别。见表1。

2.2 ECG特征

LPPM组ECG的QRS波均呈右束支阻滞图形(RBBB),心电图轴左偏。平均QRS波时程(147 \pm

10) ms。LPF组同样为RBBB图形,但QRS波时程为(117±14) ms,与LPPM组差异明显($P < 0.05$)。

LPPM组的肢体导联中,I导联均呈rS或RS型。下壁导联(II、III、aVF)中,II、aVF导联均为rS型,但有3例患者的III导联呈Rs型,余33例患者均表现为rS型,常可见到明显的顿挫(15/27)。aVR导联均表现为特征性的qR型,aVL导联则以正向为主,末段可见较小的s波,但其中8例表现为Rs(6/8)或rS(2/8)型。LPF组的I、II、aVF导联方向相似,但III导联均为rS型,下壁导联无明显的顿挫,aVR导联同样具备qR型的特征。

在胸前导联,LPPM组V₁、V₂导联均以R波为主,且可见到明显的切迹。V₁导联起始段多数可见较小的q波(21/36),且形态多为Rsr或R型(rsR/Rsr或R=7/29),即左“兔耳”征。LPF组的V₁导联则呈右“兔耳”征(rsR/Rsr或R=22/11)。LPPM组V₃导联有少数呈Rs型(9/36),且有1例呈rS型,r波极小;10例于QRS波末尾可见r'波,具有一定的特征性。V₅、V₆导联均以S波为主,可见较小的r波^[1,6]。两组胸前导联移形多在V₂~V₄导联。见图1。

LPPM组无论肢体导联还是胸导联,另一典型特征是QRS波起始段的斜率较大。按照QRS时程147 ms的平均值,分别测量各个导联QRS波前、后半部分的电压,即起始70 ms和终末70 ms的电压值,可见电压在初始段波动更大,提示除极更为迅速,见表2。

2.3 标测和消融

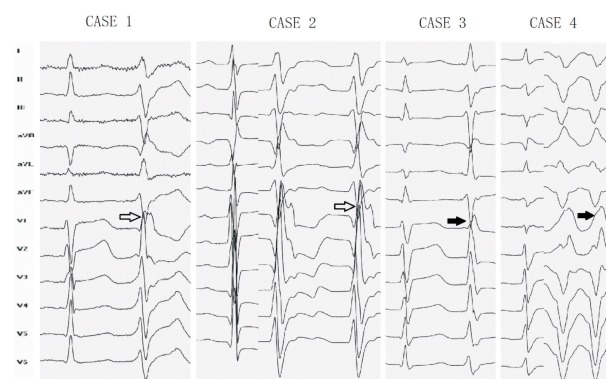
心室乳头肌解剖结构异常复杂,既往研究表明不同患者的LPPM表现出不同的形态^[7]。本研究发现左室后组乳头肌在起始分支数量上,表现为3种形态,即单支、双支和3支。36例病例中绝大多数为双支型(34例),此外,只有1例单支型和1例3支型。见图2。

在激动标测过程中,通常能较快地确认起源部位来自于LPPM处。但在进一步精细标测寻找最早起源点时,由于乳头肌凸起在心腔内,随心室收缩活动度大,消融导管难以稳定贴靠,且最早点可能位于不同肌束的顶端、中部或基底部,因此部分患者手术时间较长。LPPM组36例患者中,最终靶点5例位于顶端,20例位于中部,11例位于基底部。在所有有效的消融靶点处,局部双极电位具有一定的特征性:即起始段电位锐利,类似于浦肯野系统的束支电位,本研究将其定义为“乳头肌电位”(24/36),但是在窦性心律的情况下,同一部位有少数不能记录到束支电位(15/24)^[8]。同时,与窦性心律相比,室性心律失常发作的情况下常可见到电位翻转(19/36),见图3。但在LPF组,由于起源部

位均位于左后分支,无论窦性心律还是室性心动过速时,均可记录到明显的束支电位,且在室性心动过速的情况下,部分病例可以记录到典型的P1、P2电位^[9]。

表1 基线特征

项目	LPPM组	LPF组	P值
例数	36	33	>0.05
年龄/岁	41±16	19±17	<0.01
男性/例(%)	21(58.3)	27(81.8)	<0.01
LVEDD/mm	49.7±6.3	48.7±3.7	0.686
左室EF/%	63.3±9.1	60.9±7.2	0.683
PVC/例(%)	28(77.8)	3(9.1)	<0.01



CASE1、2为LPPM起源的PVC和VT病例,CASE3、4为LPF的PVC和VT病例。均为RBBB图形,I导联呈rS或Rs型,下壁导联(II、III、aVF)主波以负向为主,aVR导联呈特征性的qR型,aVL导联则以正向为主。二者最特征性的区别在于:LPPM组V₁常见左“兔耳”征,LPF组则为右“兔耳”征。同时,LPPM起源者胸前导联V₂~V₄移形,V₃导联常可见到r'波,而V₅、V₆导联可见到较深的S波。

图1 ECG特征

Figure 1 ECG characteristics

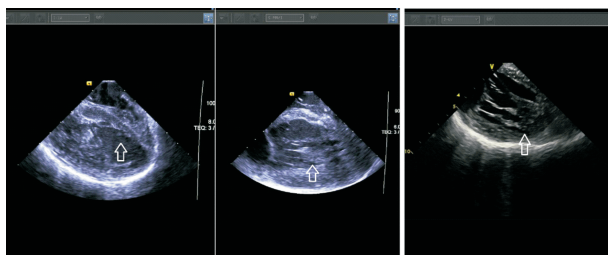
本研究发现,LPPM部位的消融并不需要较大的压力,消融时的平均压力均在3~11 g,消融时间(45±21) s,所有病例即可有效终止心律失常发作。导管消融的同时在心腔内超声窗口中观察,确保导管头端与乳头肌贴靠良好。术中及术后均未出现心包压塞等严重并发症。

2.4 随访

术后所有患者在12个月内均未使用抗心律失常药物。36例患者中,有33例均未再发作原发症状,亦无同形态的室性心律失常发作;但有3例患者出现与原发形态不同的室性期前收缩,但24 h动态心电图检查均少于500次,未再加以治疗。

表 2 QRS 波起始和终末 70 ms 电压
Table 2 Initial and terminal voltage(70 ms) of QRS waves

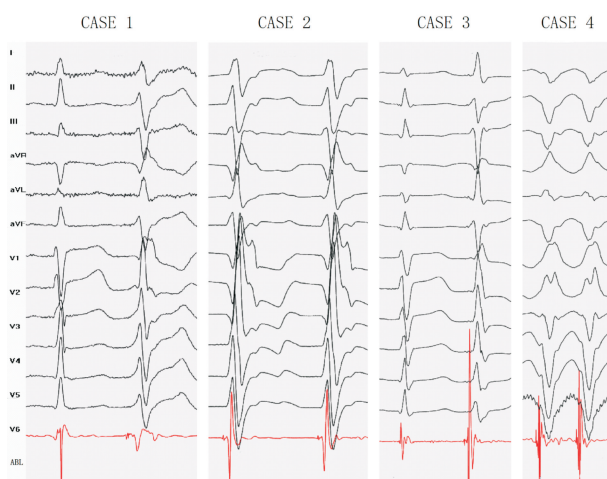
导联	电压/mV		P 值
	(起始 70 ms)	(终末 70 ms)	
I	0.86±0.14	0.45±0.07	<0.01
II	1.67±0.35	0.52±0.19	<0.01
III	0.72±0.28	0.69±0.23	0.273
aVR	0.87±0.27	0.78±0.34	0.139
aVL	0.79±0.32	0.82±0.25	0.376
aVF	1.49±0.35	0.58±0.08	<0.01
V ₁	0.76±0.27	0.62±0.17	<0.05
V ₂	1.28±0.43	0.67±0.35	<0.01
V ₃	1.27±0.41	0.42±0.11	<0.01
V ₄	1.84±0.45	0.70±0.21	<0.01
V ₅	1.96±0.54	0.66±0.22	<0.01
V ₆	1.77±0.55	0.48±0.12	<0.01



左、中、右图依次展示了 LPPM 的不同形态:单支型,双支型,3 支型(箭头处)。

图 2 不同的乳头肌形态

Figure 2 Different papillary muscle morphologies



CASE1、2 为 LPPM 起源的 PVC 和 VT 病例, CASE3、4 为 LPM 的 PVC 和 VT 病例。LPPM 组可见有效消融靶点处,双极图常可见到类似于束支电位的锐利电位,或称“乳头肌电位”。LPM 组则可见恒定位于 V 波前的束支电位(P 电位)。

图 3 靶点处双极电位

Figure 3 Bipolar potential at the target.

3 讨论

临床上,起源左室乳头肌室性心律失常的患者并不少见,据报道占特发性室性心律失常的 4%~12%,而起源于后乳头肌的心律失常则更少见^[10-11]。本研究发现在整体人群中,起源于 LPPM 的患者中,男性更为常见,发病年龄集中于中青年,最小者仅 8 岁,该类室性心律失常发作形式以期前收缩为主。而对于起源于左后分支的室性心律失常,本研究发现此类患者发病年龄更小,且男性比例比 LPPM 组的患者更高,本研究的 LPM 组发病形式以室性心动过速为主。本研究结论提示在左后分支处,更易形成折返导致室性心动过速,而在乳头肌处,则以自律性冲动引起期前收缩为主要表现。

LPPM 起源的室性心律失常往往通过体表心电图可以识别。左后乳头肌起源于左室下后间隔,位于左心室的下外侧,通过腱索与瓣叶中后部连接,因而在 QRS 波形态上,表现出相应的向量特征,包括 RBBB 图形, I 导联呈 RS 型,下壁导联主波呈负向, aVR 导联直立, V₅、V₆ 导联主波呈负向。相对于起源于左后分支的室性心律失常,因左后分支更贴近于间隔,所以 III 导联更趋向于负向,而 LPPM 起源时则部分呈正向。此外,两组室性心律失常在胸前导联移行方面,由于 LPPM 更偏向于左室的侧壁,故移行应更早于左后分支起源的室速。然而本研究发现,两者并无明显差别,究其原因可能为左后分支起源的室性心律失常,其起源点多位于束支中后段,靠近心尖部,因而 V₄~V₆ 导联负向成分更明显,抵消了靠近间隔对移行的影响。在此基础上,由于 LPPM 与左后分支后组伴行,故具有独有的特点:即 QRS 波起始段锐利,提示动作电位初期除极速度快,可能与较快激动束支有关。由于距离束支主干较远, LPPM 起源的心律失常 QRS 波时程要明显大于 LPM 起源的 QRS 波时程,通常大于 120 ms,仍属于宽 QRS 型心律失常。因此,通过上述特点以及 aVR 导联 qR 形态,可以直接判断出 LPPM 起源的室性心律失常。

LPPM 区域的激动标测是治疗的难点。由于不同个体乳头肌形态存在较大差异,可有单支、双支、3 支的形态变异,且肌束本身为游离状态,给标测造成一定的困难。本研究发现,最终有效靶点以乳头肌中部多见,其次为基底部,而起源于肌束顶部的较少。在心腔内超声引导下,不但可以直接将乳头肌模型构建于操作界面上,还可以在超声窗实时直视乳头肌结构,观察导管与乳头肌的贴靠状态,判断有效消融靶点实际的位置,为标测提供了极大的便利,与 Enriquez 等^[12]研究的部分内容相一致。在超声辅助判断贴靠良好的情况下, LPPM 起源的 PVC 或 VT 消融时并不需要很高的压力和

过长的放电时间,即可达到理想的效果。在乳头肌处过度的消融,有可能引起乳头肌功能不良或出现心室颤动等^[13-14]。同时在消融过程中,其有效靶点处,负向起始的锐利电位、电位翻转等特点,有助于准确识别靶点,增加手术的成功率。

本研究局限性:鉴于该类疾病的发病率,本研究样本量仍较少,尚需联合多中心数据进行随机对照实验。随访节点时,仅采用做1次24h动态ECG评估,而非置入电子器械或7d动态心电图,因此室性心律失常的复发情况有可能被低估。此外,该项研究术后随访时间尚需进一步延长。

总之,对于起源于LPPM室性心律失常的患者,其体表ECG具有其独特的特征,术前可以识别。在三维心腔内超声引导下行激动标测,寻找具备特征性的最早电位,可以精确定位靶点;结合压力监测导管向量和压力大小,可有效地终止此类心律失常的发作,消融过程安全,远期效果满意。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Keating VP, Cooley R, Jackman WM. Anterolateral papillary muscle ventricular tachycardia [J]. *Heart Rhythm*, 2014, 11(5):907-908.
- [2] Seiler J, Lee JC, Roberts-Thomson KC, et al. Intracardiac echocardiography guided catheter ablation of incessant ventricular tachycardia from the posterior papillary muscle causing tachycardia-mediated cardiomyopathy [J]. *Heart Rhythm*, 2009, 6(3):389-392.
- [3] Chang YT, Lin YJ, Chung FP, et al. Ablation of ventricular arrhythmia originating at the papillary muscle using an automatic pacemapping module [J]. *Heart Rhythm*, 2016, 13(7):1431-1440.
- [4] Yokokawa M, Good E, Crawford T, et al. Recovery from left ventricular dysfunction after ablation of frequent premature ventricular complexes [J]. *Heart Rhythm*, 2013, 10(2):172-175.
- [5] 程宽, 陈庆兴, 庞暘, 等. 心律失常诱导的心肌病导管射频消融结果与随访 [J]. *临床心血管病杂志*, 2021, 37(3):229-233.
- [6] Enriquez A, Supple GE, Marchlinski FE, et al. How to map and ablate papillary muscle ventricular arrhythmias [J]. *Heart Rhythm*, 2017, 14(11):1721-1728.
- [7] Farzana T, Khalil M, Mannan S, et al. Length of papillary muscles in both ventricles of different age group on Bangladeshi cadaver [J]. *Mymensingh Med J*, 2015, 24(1):52-58.
- [8] Al'Aref SJ, Ip JE, Markowitz SM, et al. Differentiation of papillary muscle from fascicular and mitral annular ventricular arrhythmias in patients with and without structural heart disease [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2015, 8(3):616-624.
- [9] Nogami A, Naito S, Tada H, et al. Demonstration of diastolic and presystolic Purkinje potentials as critical potentials in a macroreentry circuit of verapamil-sensitive idiopathic left ventricular tachycardia [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2000, 36(3):811-823.
- [10] Latchamsetty R, Yokokawa M, Morady F, et al. Multicenter outcomes for catheter ablation of idiopathic premature ventricular complexes [J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2015, 1(3):116-123.
- [11] Yamada T, Doppalapudi H, McElderry HT, et al. Electrocardiographic and electrophysiological characteristics in idiopathic ventricular arrhythmias originating from the papillary muscles in the left ventricle: relevance for catheter ablation [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2010, 3(4):324-331.
- [12] Enriquez A, Saenz LC, Rosso R, et al. Use of intracardiac echocardiography in interventional cardiology: working with the anatomy rather than fighting it [J]. *Circulation*, 2018, 137(21):2278-2294.
- [13] Nishiyama T, Aizawa Y, Ito S, et al. A subtype of idiopathic ventricular fibrillation and its relevance to catheter ablation and genetic variants [J]. *Heart Rhythm Case Rep*, 2017, 3(5):277-281.
- [14] Muenkler P, Klatt N, Scherschel K, et al. Repolarization characteristics indicate electrical instability in ventricular arrhythmia originating from papillary muscle [J]. *Europace*, 2021, 23:euab116. 549.

(收稿日期:2021-08-15)