

虚拟单极心电图在右室流出道心律失常 射频消融中的价值*

殷然 李宾公 付勇南 文渊 彭景添 王梦洪 郑泽琪

[摘要] 目的:分析应用 Ensite Array 三维电解剖系统对右室流出道(RVOT)室性期前收缩/心动过速进行(PVC/VT)射频消融过程中,消融点虚拟单极心电图的形态特征。方法:35例 RVOT-PVC/VT 患者应用 EnSite Array 系统进行标测消融,术后随机抽取无效消融点与对应的有效消融点,回顾性测量分析两组虚拟单极心电图形态特征。结果:有效消融点处的局部最早激动较体表 QRS 波起始提前时间(V-QRS)、局部 S 波起始激动 3 ms 以后的高度(S3)、5 ms 以后的高度(S5)值显著高于无效消融点(均 $P<0.05$);相反,有效消融点处的 r 波起始至 S 波最低点的时间(r-S)、起始 r 波的高度(r)值显著低于无效消融点(均 $P<0.05$);而最大负向波 S 的高度(Smax)、局部 S 波起始激动 10 ms 以后的高度(S10)值两组间差异无统计学意义。多因素回归分析提示 V-QRS 及 S5 是消融是否有效的独立危险因素,其中,S5 对消融是否有效具有最强的预测价值($OR=4.918, 95\% CI: 1.622\sim 14.593, P<0.05$),其次为 V-QRS($OR=3.625, 95\% CI: 1.027\sim 11.945, P<0.05$)。结论:具有特征形态的虚拟单极心电图在 RVOT-PVC/VT 射频消融中具有重要的预测价值。

[关键词] 室性期前收缩;射频消融;三维标测;单极心电图

doi:10.13201/j.issn.1001-1439.2016.03.007

[中图分类号] R541.7 **[文献标志码]** A

Value of virtual unipolar electrogram in radiofrequency ablation for patients with premature ventricular beat/ventricular tachycardia originating from right ventricular outflow tract

YIN Ran LI Bingong FU Yongnan WEN Yuan

PENG Jingtian WANG Menghong ZHENG Zeqi

(Department of Cardiology, 1st Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang, 330006, China)

Corresponding author: YIN Ran, E-mail: 1378516386@qq.com

Abstract Objective: To evaluate the virtual unipolar electrogram configuration of premature ventricular beat/ventricular tachycardia (PVC/VT) originating from right ventricular outflow tract (RVOT), which is obtained during ablation procedure guided by Ensite Array system. **Method:** The subjects consisted of 35 patients with RVOT-PVC/VT who underwent EnSite Array-guided ablation. We compared the virtual unipolar electrograms recorded at successful ablation sites with those recorded at unsuccessful sites. **Result:** The time interval between the first deflection and the QRS onset (V-QRS), voltage amplitudes of the initial negative slope at time phases of 3ms (S3), and 5ms (S5) were significantly higher at successful ablation sites than at unsuccessful sites ($P<0.05$). On the contrary, the time interval between the onset of r wave to the deepest part of S wave (r-S) and voltage amplitudes of the initial positive deflection (r) were significantly lower at successful ablation sites than at unsuccessful sites ($P<0.05$). The values of maximum voltage amplitudes of the S wave (Smax) and voltage amplitudes of the initial negative slope at time phases of 10ms (S10) were similar between two groups. Multi-factor regression analysis indicated V-QRS and S5 were independent risk factor predicting successful ablation. The odd ratio (OR) and confidential intervals (CI) for S5 and V-QRS were 4.918, 1.622-14.593 and 3.625, 1.027-11.945, respectively ($P<0.05$). **Conclusion:** Virtual unipolar electrogram with specific morphology has great predictive value in radiofrequency ablation of RVOT-PVC/VT.

Key words premature ventricular beat; radiofrequency ablation; non-contact mapping; unipolar electrogram

射频消融是治疗右室流出道(RVOT)室性期

前收缩/心动过速(PVC/VT)的有效方法^[1]。既往研究显示,根据体表心电图特征、起搏标测或激动标测多数可以明确 RVOT-PVC/VT 的起源,但对于部分患者上述方法并不准确。尤其当 PVC/VT 难以诱发或发作时血流动力学不稳定时,传统的标

* 基金项目:2014 年江西省卫计委科技计划项目(No: 700431003)

¹ 南昌大学第一附属医院心内科(南昌,330006)

通信作者:殷然, E-mail: 1378516386@qq.com

测方法受到限制,而 EnSite Array(非接触三维电生理标测)系统则更具优势^[2-3]。尽管已有研究应用 EnSite Array 系统治疗 RVOT-PVC/VT,但对该系统记录到的消融点虚拟单极电图形态特征了解甚少^[4-5]。本研究通过回顾性分析,比较有效消融点与无效消融点的虚拟单极电图形态,以期总结哪些形态特征有助于预测消融是否有效。

1 对象与方法

1.1 对象

2011-09—2013-09 在我院心内科住院,术后诊断为 RVOT 来源且射频消融成功的 PVC/VT 患者 35 例,其中男 23 例,女 12 例,平均年龄(46±18)岁,病程(5.7±4.8)年。所有病例 PVC/VT 形态均呈类左束支阻滞(LBBB)形态,胸前导联 QRS 波极性的移行≥V3,Ⅱ、Ⅲ、aVF 导联均呈高大的 R 型,电轴偏向下。Holter 记录到术前 PVC 平均次数为(25 327±12 089)次/24 h,频发 PVC 28 例,PVC 和 VT 发作并存 7 例。服用普罗帕酮、美托洛尔、维拉帕咪、胺碘酮等药物效果不佳。各项检查排除了器质性心脏病,术前停用所有抗心律失常药物至少 5 个半衰期。

1.2 非接触标测

常规行股静脉穿刺术,通过股静脉将 6F 4 极电极送到右室心尖部,再依次经股静脉将 9F 64 极 Ensite Array 球囊电极(美国圣犹达公司产品)和普通 7F 消融电极(美国圣犹达公司产品)送至右室流出道,待球囊充盈后,将尾部与 Ensite Array 标测系统连接。移动大头导管于右室流出道处多点采集信号,Ensite Array 系统追踪导管的位置连续采样进行三维建模。随后在右室心尖部和(或)右心室流出道行程序刺激诱发心律失常;对不能诱发的患者,静脉滴注异丙肾上腺素诱发,将记录到的 PVC/VT 与临床心电图比较,选择 12 导联完全一致的 PVC/VT 进行等电势图及虚拟单极电图分析,寻找最早点(EA)与出口(BO)。EA 在三维等电势图上定义为由红转蓝的点,其周围由完全呈电静止的心内膜所包绕,对应虚拟单极电图 QS 波的起始部;BO 在三维等电势图上定义为红色区域中间的白点,对应虚拟单极电图最大负向斜率处(−dV/dt)。见图 1。

1.3 射频消融策略

Ensite Array 系统导航消融导管至消融点,消融点选择:首先消融选择在 EA,如果消融不能成功就转移至 BO,结合常规标测方法,以最后成功消融处为有效消融点。消融能量 30~40 W,消融温度 50~55℃。放电 10 s 后如 PVC/VT 明显减少或者消融时消失,表示消融有效,为有效消融点;如能量输出及温度监控均达到预设,但放电 10 s 后 PVC/

VT 未见减少,则该点为无效消融点^[9]。有效消融点处持续放电 60 s,如果消融后无自发或诱发的 PVC/VT,就不需要补充消融。而消融结束后立即复发或者能被诱发,可以在原有效部位及其周围按原有消融条件巩固。消融成功的终点是手术结束后 30 min PVC/VT 消失,异丙肾上腺素也不能诱发。

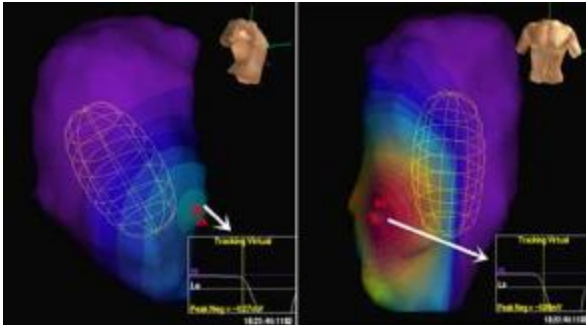


图 1 电解剖标测系统对 EA 与 BO 的定义
Figure 1 EA and BO defined by Ensite Array system

1.4 测量及虚拟单极电图形态特征

术后随机抽取射频消融过程中 35 个有效消融点与对应的无效消融点,测量有效及无效消融点至 EA/BO 的距离,同时回顾性测量分析两组虚拟单极电图形态特征,包括:局部最早激动较体表 QRS 波起始提前时间(V-QRS),起始 r 波的高度(r),局部 S 波起始激动 3、5、10 ms 以后的高度(S3,S5,S10),最大负向波 S 的高度(Smax),波峰至波谷的时间(r-S)。见图 2。

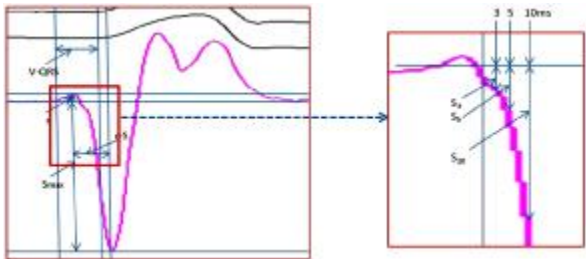


图 2 电生理参数及测量
Figure 2 Measurement of electrophysiological parameters

1.5 统计学处理

采用 SPSS 17.0 统计软件进行数据处理。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 *t* 检验;非正态分布的计量资料采用中位数和四分位数表示,组间比较采用非参数检验方法。计数资料的组间比较采用 χ^2 检验。将单因素分析中 *P* < 0.05 的变量纳入二分类的 logistic 回归进行危险因素的筛选,检验水准为 0.05。

2 结果

2.1 一般结果

手术标测时间(26.8±17.5)min,消融时间(356.4±76.8)s,X线曝光时间(19.2±9.7)min,手术总时间(86.4±46.3)min。其中30例患者术后PVC/VT所引起的症状完全消失,24h动态心电图提示PVC/VT消失;另外5例患者出院前24h动态心电图提示偶发PVC,PVC次数≤200次/24h,PVC/VT所引起的症状较术前明显改善。

2.2 消融点与EA/BO的距离

35例患者中,24例成功消融的部位临近Ensite Array系统标测提示的EA处,另外11例在临近EA处消融未能完全终止,尚需在临近BO处补充消融。术后分析有效消融点至EA的距离与无效消融点至EA的距离相似,两组间比较差异无统计学意义[(4.9±3.5)mm:(4.1±3.8)mm,P=0.138];有效消融点至BO的距离与无效消融点至BO的距离亦相似,两组间比较差异无统计学意义[(5.2±4.8)mm:(4.7±5.1)mm,P=0.197]。

2.3 有效和无效消融点虚拟单极电图形态特征

术后随机抽取射频消融过程中35个无效消融点与对应的有效消融点,测量分析两组虚拟单极电图形态特征。如表1所示,有效消融点处的V-QRS、S₃、S₅值显著高于无效消融点;相反,有效消融点处的r-S、r值显著低于无效消融点(均P<0.05);而S_{max}、S₁₀值两组间差异无统计学意义。

表1 有效消融点和无效消融点的虚拟单极电图形态特征的比较

Table 2 Virtual unipolar electrogram between successful and unsuccessful ablation sites			$\bar{x}\pm s$
项目	有效消融点	无效消融点	P 值
V-QRS/ms	19.80±14.6	10.90±9.7	<0.001
r-S/ms	21.60±12.3	33.90±14.3	0.003
r/mV	0.10±0.08	0.21±0.15	<0.001
S _{max} /mV	3.21±1.84	2.95±1.24	0.153
S ₃ /mV	0.36±0.25	0.13±0.09	0.012
S ₅ /mV	0.46±0.52	0.17±0.14	<0.001
S ₁₀ /mV	1.18±0.68	0.73±0.50	0.089

2.4 虚拟单极电图形态特征对消融结果的预测价值

根据单变量分析结果,将V-QRS、r-S、r、S₃、S₅纳入变量,消融结果为应变量,进行多因素logistic回归分析,结果如表2。V-QRS及S₅是消融是否有效的独立危险因素,其中,S₅对消融是否有效具有最强的预测价值,其次是V-QRS。

表2 多因素logistic分析

Table 2 Multi-factor regression analysis

变量	多因素回归分析	
	OR(95%CI)	P 值
V-QRS	3.625(1.027~11.945)	0.004
r-S	1.862(1.108~3.128)	0.064
r	1.261(1.088~1.239)	0.057
S ₃	1.156(1.063~1.185)	0.082
S ₅	4.918(1.622~14.593)	0.002

3 讨论

EnSite Array系统为目前临床唯一的非接触三维电生理标测系统,极大简化了对复杂心律失常如RVOT-PVC/VT的标测与消融过程^[2-5]。既往研究主要集中于将该系统与传统标测方法或接触性三维标测系统进行比较,但对该系统独具的虚拟单极电图研究极少。本研究通过回顾分析35例应用EnSite Array系统引导下进行射频消融的RVOT-PVC/VT患者,对比标测与消融过程中有效与无效消融点虚拟单极电图,发现某些虚拟电极电图形态特征对消融结果具有较强的预测价值。

当EnSite Array系统球囊位置紧邻心律失常起源点时,记录到的虚拟单极电图与接触标测记录的单极电图基本一致^[2]。众所周知,单极电图反映的是该位点来自空间各向性的电传导活动,正向波提示激动指向标测电极方向传播,而激动背离标测电极传播时则形成负向波^[9-10]。当激动起源点靠近心内膜而背离标测电极向心外膜传导时,标测电极只能记录到背离其而去的负向波,该点的单极电图表现为QS型,此时局部最早激动较体表QRS波起始提前时间(即本研究的V-QRS)最长;当激动逐步远离心内膜起源点时,标测电极则即可记录到指向其而来的正向波,又可记录到背离其而去的负向波。标测电极距起源点越远,记录到的正向波越大、负向波越小,同时该点的局部最早激动较体表QRS波起始提前时间也逐渐缩小;当激动起源点位置很深或者毗邻低电压区时,距其最近的心内膜标测电极记录的单极电图也可表现负向波,但局部最早激动较体表QRS波起始提前时间可能为零或负。而局部单极电图最初负向波高度(如本研究的S₅)越大,在一定程度上说明心律失常起源点的位置距离心内膜较浅,激动产生以后快速突破至周围健康的心内膜并扩散,因此在该点消融成功的可能性较大。

本研究结果提示,尽管EnSite Array系统准确高效,但在实际临床应用当中,我们不能仅仅根据其单次标测的结果轻易放电。这是因为EnSite Array系统的精度受距离的影响,在距球囊中心4cm以远的部位,系统的准确性下降^[3]。本研究也

证实,初次建模以后,在根据 EnSite Array 标测提示的 EA/BO 处消融,成功率不及 50%,多数时候最终有效消融点与初次标测的 EA/BO 平均距离大于 4 mm,少数成功消融的消融点甚至在最初的模型以外。产生这种误差与建模不够精细有关,而 EnSite Array 系统标测是否精准与模型是否完整密切相关。EnSite Array 系统的建模与标测是两个相对独立的过程。建模时,EnSite Array 系统通过电生理导管发射低能电流,置于心腔内 Array 球囊的 64 个电极可感知这一信号,并且根据感知信号的强弱和角度进行导管电极的定位,当导管在心腔内沿着心内膜移动时即可追踪导管的位置而连续采样进行三维建模。而标测时,球囊电极可记录到 64 个不同的腔电位,根据腔电位在时间及形态上的差异,通过计算机分析,可得到已构建的心内膜上 3 360 个虚拟单极心电图。EnSite Array 系统将这些虚拟单极心电图的负向值用颜色表示,连续的等势图在时间轴上展开,即为动态等势图。但是当构建的模型不完整时,模型不能真实反映心腔的解剖形态,通过系统分析得到的动态等势图仅代表已构建模型“心内膜”上激动的信息,从而造成标测结果的误差,消融成功率下降。所以我们强调,初次建模基础上标测的结果只提供激动起源的大致方向,尚需在初步标测提示的 EA/BO 临近部位加强建模,待模型完整以后,再次进行标测,并仔细分析消融点的虚拟单极心电图形态,方能提高消融的成功率。

综上所述,本研究提醒电生理工作者在应用 EnSite Array 系统对 RVOT-PVC/VT 标测与消融时,不能盲目依赖系统自动分析的结果,充分了解 RVOT 的解剖形态及个体差异,扎实的传统电生理知识与对单极心电图的理解对手术的成功亦至关重要。

参考文献

- [1] LAMBA J, REDFEARN D P, MICHAEL K A, et al. Radiofrequency catheter ablation for the treatment of idiopathic premature ventricular contractions originating from the right ventricular outflow tract: a systematic review and meta-analysis [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2014, 37: 73—78.
- [2] RIBBING M, WASMER K, MONNIG G, et al. Endocardial mapping of right ventricular outflow tract tachycardia using noncontact activation mapping[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2003, 14: 602—608.
- [3] ZHANG F, YANG B, CHEN H, et al. Noncontact mapping to guide ablation of right ventricular outflow tract arrhythmias[J]. *Heart Rhythm*, 2013, 10: 1895—1902.
- [4] FUNG J W, CHAN H C, CHAN J Y, et al. Ablation of nonsustained or hemodynamically unstable ventricular arrhythmia originating from the right ventricular outflow tract guided by noncontact mapping [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2003, 26: 1699—1705.
- [5] FRIEDMAN P A, ASIRVATHAM S J, GRICE S, et al. Noncontact mapping to guide ablation of right ventricular outflow tract tachycardia[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2002, 39: 1808—1812.
- [6] NAIR M, YADUVANSHI A, KATARIA V, et al. Radiofrequency catheter ablation of ventricular tachycardia in arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy using non-contact electroanatomical mapping: single-center experience with follow-up up to median of 30 months[J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2011, 31: 141—147.
- [7] KRITTAYAPHONG R, SAIVIROONPORN P, BOONYASIRINANT T, et al. Magnetic resonance imaging abnormalities in right ventricular outflow tract tachycardia and the prediction of radiofrequency ablation outcome [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2006, 29: 837—845.
- [8] VASEGHI M, CESARIO D A, MAHAJAN A, et al. Catheter ablation of right ventricular outflow tract tachycardia: value of defining coronary anatomy[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2006, 17: 632—637.
- [9] OKUMURA Y, WATANABE I, NAKAI T, et al. A quantitative and qualitative analysis of the virtual unipolar electrograms from non-contact mapping of right or left-sided outflow tract premature ventricular contractions/ventricular tachycardia origins[J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2011, 30: 17—25.
- [10] YOSHIDA Y, HIRAI M, MURAKAMI Y, et al. Localization of precise origin of idiopathic ventricular tachycardia from the right ventricular outflow tract by a 12-lead ECG: a study of pace mapping using a multi-electrode "basket" catheter[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 1999, 22: 1760—1768.

(收稿日期:2015-09-24 修回日期:2015-12-15)