

心房颤动高功率短时程消融策略的研究进展

赵震^{1,2} 孙雪荣³ 乔宇¹ 郭雨龙¹ 郭金锐¹ 刘可¹ 刘晨¹ 刘帆¹ 郭涛¹ 牛国栋³

(1.昆明医科大学附属心血管病医院 云南省阜外心血管病医院心律失常中心,云南 昆明 650102; 2.昆明医科大学研究生院,云南 昆明 650000; 3.中国医学科学院 北京协和医学院 国家心血管病中心 阜外医院 心律失常中心,北京 100037)

【摘要】肺静脉隔离是心房颤动导管消融的基础,目前主流术式是通过逐点射频消融策略实现肺静脉隔离,但由于传统消融模式只能实现 40 W 以下的安全输出,各点均需较长时间才能实现透壁毁损,不利于推广。近年来,随着消融设备的进步,可实现高功率(45~90 W)输出,大幅缩短手术时间,即高功率短时程消融,可以避免导管长时间操作及放电带来的一系列问题,在一定程度上可提高手术成功率。现从基础和临床研究两方面对高功率短时程消融的现状进行总结,并就其优势及局限性进行综述。

【关键词】高功率短时程;射频消融;心房颤动;消融参数

【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2021.10.004

High-Power Short-Duration Ablation Strategy for Atrial Fibrillation

ZHAO Zhen^{1,2}, SUN Xuerong³, QIAO Yu¹, GUO Yulong¹, GUO Jinrui¹, LIU Ke¹, LIU Chen¹, LIU Fan¹, GUO Tao¹, NIU Guodong³

(1. Arrhythmia Center, Fuwai Yunnan Cardiovascular Hospital, The Affiliated Cardiovascular Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650102, Yunnan, China; 2. Graduate School of Kunming Medical University, Kunming 650000, Yunnan, China; 3. Arrhythmia Center, Fuwai Hospital, National Center for Cardiovascular Diseases, Chinese Academy of Medical Sciences, Peking Union Medical College, Beijing 100037, China)

【Abstract】 Pulmonary vein isolation (PVI) is the cornerstone of atrial fibrillation catheter ablation, the current mainstream procedure is to achieve PVI through a point-by-point radiofrequency ablation strategy, but the traditional ablation mode can only achieve the safe output of below 40 W, it takes a long time for each point to accomplish transmural destruction, which is not conducive to promotion. Recently, with the improvement of ablation equipment, high power (45~90 W) output can be realized, and the operation time can be greatly shortened, that is, high-power short-duration (HPSD) ablation, which can avoid a series of problems caused by prolonged catheter operation and discharge, and improves the success rate of the procedure. This article summarizes the current research on HPSD ablation from basic and clinical studies and reviews its advantages and limitations.

【Key words】 High-power short-duration; Radiofrequency ablation; Atrial fibrillation; Ablation parameters

导管消融在改善心房颤动(房颤)症状和维持窦性心律方面的疗效优于抗心律失常药物,已成为治疗症状性房颤的首选方案^[1]。房颤导管消融的基础是肺静脉隔离(pulmonary vein isolation, PVI),射频作为临床应用最广泛的消融能源,目前主流消融策略为功率控制模式下逐点消融,但由于设备条件的限制,最大安全输出功率为 40 W,需要消融导管长时间稳定贴靠于局部才能实现每个点的透壁毁损,对于术者的导

管操作技巧要求较高,导致学习曲线过长,单次手术时间过长,不利于手术的推广。而且,在长时间放电过程中,导管移位会影响心肌毁损的透壁性与连续性,增加肺静脉电位恢复率,手术并发症也不容忽视。因此,在保证安全性的前提下,快速实现连续透壁的永久性心肌毁损是房颤射频消融的关键^[2-3]。目前研究表明,以 45~90 W 的功率在短时间(≤ 20 s)内释放能量可以改善消融灶的连续性和透壁性,并减少对周

基金项目: 云南省心血管病临床医学中心项目(FZX2019-06-01);中国医学科学院中央级公益性科研院所基本科研业务费临床与转化医学研究基金(2019XK210060);首都临床特色应用研究(Z181100001718210)

通信作者: 牛国栋, E-mail: guodniu@163.com

围毗邻组织的损伤,这种消融模式称为高功率短时程 (high-power short-duration, HPSD) 消融,但该策略由于功率过高以及放电时间过短也带来了临床的顾虑。目前研究表明, HPSD 消融可取得与传统消融 (conventional ablation therapy, CAT) 策略相当甚至更好的临床效益,现就 HPSD 消融策略的研究现状、优势、局限性及展望做一综述。

1 HPSD 消融的基础原理

射频消融原理是通过热损伤造成不可逆性心肌损毁,使心肌细胞失去产生及传导电活动的能力,热损伤分为早期阻抗加热和后期传导加热阶段。阻抗加热阶段持续约 10 s 造成局部心肌组织不可逆性损伤,是导管消融的主要效应阶段;传导加热阶段是阻抗热向深层心肌及周围组织被动传导的过程,该阶段具有时间依赖性,持续时间过长导致周围毗邻组织 (食管、迷走神经及肺组织) 损伤。理论上, HPSD 消融策略通过提高功率可大幅缩短放电时间,从而在增加阻抗热占比的同时,减少传导热占比,形成连续透壁的心肌损伤,并减少毗邻组织损伤^[4]。同时, HPSD 消融需要维持导管稳定的时间显著缩短,可减少术中由于导管与组织贴靠不稳定造成的压力波动,从而降低肺静脉电位恢复率。Yavin 等^[5]利用 CARTO 3 系统的 VisiTag 模块对 HPSD (45~50 W/8~15 s) 和 CAT (20~40 W/20~30 s) 术中导管稳定性与肺静脉电位恢复的关系进行研究,结果表明:当放电过程如果 50% 以上的时间导管移动度 > 1 mm,患者远期肺静脉电位恢复率为 78.2% (1 年)。与 CAT 相比, HPSD 消融肺静脉电位恢复率较低 (16.6% vs 52.2%, $P=0.03$)。近年来关于 HPSD 消融的基础和临床研究也证实该策略的可行性。

2 HPSD 消融灶的基础研究

2.1 HPSD 消融灶的生物物理特性

Bhaskaran 等^[6]的动物研究发现,以不同功率放电 5 s,毁损平均深度分别为 (2.3±0.5) mm (50 W/5 s)、(2.2±0.3) mm (60 W/5 s)、(2.1±0.3) mm (70 W/5 s) 和 (2.4±0.8) mm (80 W/5 s),均可实现心房肌透壁性损毁,毁损平均宽度分别为 (5.1±0.3) mm (50 W/5 s)、(5.4±0.2) mm (60 W/5 s)、(5.9±0.0) mm (70 W/5 s) 和 (6.5±0.1) mm (80 W/5 s),与 CAT (40 W/30 s) 策略形成的消融灶 [深度: (2.4±0.8) mm; 宽度: (5.2±0.2) mm] 相比, HPSD 消融可较易实现连续透壁性心肌损毁。在安全性方面, 50 W/5 s 和 60 W/5 s 的消融方案中未发生气爆,但 80 W/5 s 的消融方案有气爆发生,且与 CAT 中气爆的发生率相似 (10.5% vs 11.0%, $P=0.9$),证实 50~60 W/5 s 的 HPSD 消融较 CAT 更安全

且有效,也促进更高功率的 HPSD 消融策略的探索。

近来 QDOTMICROTM 导管的应用推动了 90 W/4 s 的超高功率短时程 (very high-power short-duration, vHPSD) 消融的研究,该导管头端附有 6 个热电偶,距离头端距离 ≤ 3 mm,可有效减少盐水灌注对导管-组织接触面温度监测的影响,更准确地反映组织表面温度,避免过度加热导致的并发症。Leshem 等^[7]的研究结果表明,与 CAT 相比, 90 W 功率持续放电 4 s 产生的消融灶直径更大 [(6.16±0.40) mm vs (4.09±0.80) mm, $P<0.01$], 深度相近 [(3.62±0.60) mm vs (3.74±0.60) mm, $P>0.01$], 大体标本呈连续透壁的线性消融灶,消融线上无明显 Gap,消融过程中无焦痂形成和气爆发生。该消融模式使更多的能量作用于阻抗加热阶段,限制了传导加热对周围组织的损伤,可实现较为持久的 PVI,为避免过度加热,消融术中设定监测温度上限为 65 °C,因此术中实时温度的准确反馈尤为重要。Takigawa 等^[8]使用 QDOTMICROTM 导管和 Thermocool SmartTouch 导管分别进行温度/流速控制 (temperature/flow controlled, TFC) 消融和标准功率控制消融,结果表明:与标准功率控制消融相比, TFC/HPSD 消融可产生更大 [39.4 (29.1~50.1) mm² vs 19.9 (14.7~25.2) mm², $P<0.01$]、更浅 [3.8 (3.0~4.4) mm vs 2.7 (2.2~3.4) mm, $P<0.01$]、更均匀的连接透壁的线性消融灶,线性消融灶中漏点发生率较低 (3.8% vs 27.7%, $P<0.01$),且周围组织出血和气爆发生率更低,证实 TFC/HPSD 消融是一种安全有效的消融策略,但 TFC 消融模式与功率控制消融模式相比是否更具优势需进一步研究。目前的基础研究表明, HPSD 消融可通过改善消融灶的连续性和透壁性实现持久的 PVI,且并发症发生率较低,较多的研究已证实 45~60 W 的 HPSD 消融方案是安全可行的,但 70~90 W 的 vHPSD 消融策略的有效性及其安全性需进一步验证。

2.2 消融终点预测参数辅助 HPSD 消融

由于 HPSD 消融时间过短,如何通过合理选择消融终点来避免 HPSD 过度消融引起气爆和焦痂形成的风险,在指导临床应用中非常重要。消融终点预测参数可反馈心肌的损毁程度,临床常用参数包括单极电位 (unipolar signal modification, USM)、阻抗以及一些复合参数。随着压力感知导管的应用,由压力、放电时间和消融功率等指标加权计算得出的复合参数,如毁损面积指数 (lesion size index, LSI) 和消融指数 (ablation index, AI),是目前临床应用最广泛的间接预测参数^[9-12]。Bourrier 等^[13]对放电功率、时间与 AI 的关系进行计算机模拟,结果显示: AI 值随着功率的增高呈比例增高,在放电前 5~10 s 内 AI 值增幅最大为

27.5%, 放电 20~30 s 内 AI 值的增幅为 15.2%, 功率为 50~90 W 时可在 10 s 内达到 PVI 所需的 AI 值 (400~500), 该研究证明 50~90 W 的 HPSD 消融方案在理论上均可达到消融预设终点。同时该研究表明, 15~20 g 接触压力下, 采用 50 W/13 s、60 W/10 s 和 70 W/7 s 三种不同 HPSD 消融方案形成的毁损灶平均宽度分别为 10.2 mm、10.4 mm 和 11.2 mm, 平均深度分别为 4.7 mm、4.3 mm 和 3.9 mm, 相应 AI 值分别为 504 ± 21 、 502 ± 15 和 501 ± 20 , 而 30 W/30 s 的 CAT 方案形成的毁损灶平均宽度与深度分别为 8.9 mm 和 5.7 mm, 相应 AI 值为 501 ± 15 , 与上述各方案 AI 值无显著差异, 但由于心房不同部位厚度不同, 在消融过程中心房不同部位的预设 AI 值仍需进一步研究。综上所述, HPSD 消融相较于 CAT 具有明显优势, 但目前临床中以 AI 来辅助 HPSD 消融尚存在局限性, 故需设定固定的功率与时间的组合来实现合理的毁损范围, 从而保证 HPSD 的安全性, 指导临床的推广。

3 HPSD 消融的临床研究

3.1 HPSD 消融效率及有效性

多项临床对照研究结果显示^[5,11,14-21], HPSD 消融的手术时间较传统方法减少 12%~39%, 消融放电时间减少 36%~65%, 手术效率显著提高, X 线透视时间有一定程度减少, 且急性 PVI 率及远期房颤复发率均有所改善 (表 1)。Pambrun 等^[11]的研究表明, 与 CAT 相比, HPSD 消融单圈隔离率显著提高 (92% vs 73%, $P < 0.001$), 急性肺静脉电位恢复率下降 (2% vs 17%, $P < 0.001$), 1 年手术成功率相似 (90% vs 88%, $P = 0.75$)。最新的一项临床荟萃分析也得到类似结果, 与 CAT 相比, HPSD 模式具有较高的单圈隔离率 ($OR = 3.58$, 95% CI 1.93~6.61, $P < 0.001$), 急性肺静脉电位恢复率较低 ($OR = 0.56$, 95% CI 0.38~0.85, $P = 0.005$), 手术成功率较高 ($OR = 1.44$, 95% CI 1.10~1.90, $P = 0.009$)^[22]。

目前研究表明, HPSD 消融对阵发性房颤患者的肺静脉电位再通率有明显的降低, 但持续性房颤或长程持续性房颤患者单纯 PVI 无法达到维持窦性心律的目的, 需联合其他消融术式, 如上腔静脉消融、线性消融、二尖瓣峡部消融和三尖瓣峡部消融等。Ejima 等^[19]将 120 例阵发性房颤患者分成两组, 分别以 CAT 方式和 HPSD 消融策略在实现 PVI 的同时对上腔静脉和三尖瓣峡部进行消融, 结果显示房颤复发率较低 (12% vs 28%, $P < 0.01$)。该研究表明 HPSD 消融用于上腔静脉隔离和三尖瓣峡部消融的效果较 CAT 更为可观, 但能否提升持续性房颤的消融效果需进一步研

究证实。Winkle 等^[23]随访了 4 年间接受 HPSD 消融的患者 1 250 例, 术后 1 年和 4 年的成功率研究结果显示: 阵发性房颤分别为 83.1% 和 79.7%, 持续性房颤分别为 74.2% 和 63.2%, 长程持续性房颤分别为 63.1% 和 51.6%。HPSD 模式进行后壁顶部和底部线性消融对阵发性房颤的复发率无影响, 但增加了持续性房颤 ($P = 0.001$) 和长程持续性房颤 ($P = 0.029$) 的复发率。综上, HPSD 消融作为新型消融策略, 其有效性及效率已得到大量临床研究的证实, 但房颤 HPSD 消融的远期复发可能与个体的差异、房颤的类型、不同的标测和消融系统及手术流程有关。

3.2 HPSD 消融安全性

影响 HPSD 消融安全性的因素包括放电时间、导管压力、盐水泵速和消融间距等, 由于此时功率较高, 放电时间的影响尤为关键。当放电时间过长时, 可发生食管损伤、焦痂形成和气爆。Winkle 等^[24]回顾性分析 13 974 次 HPSD 消融术中的并发症的结果显示, 气爆发生 2 例, 心房食管瘘发生 1 例, 术中无焦痂形成。该研究证实 45~50 W 的 HPSD 模式消融并发症发生率较低, 是一种安全的消融策略。理论上, 较高的功率输出会增加焦痂形成和气爆的风险, 但 QDOTMICRO™ 导管可实时监测组织表面温度, 使 70~90 W 的 vHPSD 消融方案在提升效率的同时兼顾其安全性。既往临床研究提示, HPSD 消融模式能减少手术相关并发症, 但最新的荟萃分析结果显示, 与 CAT 相比, HPSD 消融模式主要并发症 ($RR = 0.75$, 95% CI 0.44~1.30, $P = 0.31$) 和食管热损伤 ($RR = 0.57$, 95% CI 0.21~1.51, $P = 0.26$) 的发生率相似, 尚需进一步研究证实^[22]。

4 HPSD 消融的优势

HPSD 消融形成的消融灶浅且宽, 可以改善消融灶的连续性和透壁性, 减少周围组织的损伤, 实现较为持久的 PVI。消融功率的提高易引发气爆、焦痂形成、心包压塞等并发症, 但大量的研究表明, 这些并发症的发生率有所降低。同时, 消融终点预测参数和温控导管的应用为 HPSD 消融提供安全性保障, 使其在临床中得以应用。目前的临床研究表明, HPSD 消融的消融时间和手术时间明显缩短, 维持导管与组织间稳定贴靠所需的时间减少, 极大程度限制心脏跳动和呼吸对消融的影响, 手术效率显著提高, 远期肺静脉电位恢复率有所改善。HPSD 消融作为一种改良的射频消融策略, 与冷冻球囊消融、脉冲电场消融和激光消融等新技术相比, 其发展时间更长, 在现有的技术条件下较易实现, 安全高效, 可行性较高。

表 1 HPSD 消融与 CAT 效率及有效性比较

临床研究	样本量/ HPSD 人数	HPSD 消融方案	消融终点 预测参数	房颤 类型	HPSD 消融 vs CAT(临床效率)			HPSD 消融 vs CAT(有效性)			消融策略
					手术时间 /min	PVI 时间 /min	X 线透视 时间/min	单圈隔离率 /%	急性肺静脉 电位恢复率 /%	远期房颤 复发率/%	
Pambrun/2019 ^[11]	100/50	前壁:50 W 后壁:40 W	USM	PAF	73.1±18.2 vs 107.4±21.2 (<i>P</i> <0.01)	13.0±2.9 vs 30.3±8.8 (<i>P</i> <0.01)	—	92.0 vs 73.0 (<i>P</i> <0.01)	2.0 vs 17.0 (<i>P</i> <0.01)	10.0 vs 12.0 (<i>P</i> >0.01) (1 年)	PVI
Berte/2019 ^[15]	174/80	前壁:45 W 后壁:35 W	前壁:AI≥550 后壁:AI≥400	PAF PerAF	82.0±18.0 vs 100.0±22.0 (<i>P</i> <0.01)	23.0±5.0 vs 36.0±11.0 (<i>P</i> <0.01)	6.0±4.0 vs 7.0±5.0 (<i>P</i> =0.15)	RPV:83.0 vs 84.0(<i>P</i> =0.79) LPV:94.0 vs 90.0(<i>P</i> =0.42)	13.0 vs 21.0 (<i>P</i> =0.16)	18.0 vs 17.0 (<i>P</i> =0.93) (6 个月)	PVI±CTI
Vassallo/2019 ^[16]	76/41	前壁:45 W/6~8 s 后壁:35 W/6~8 s	—	PAF PerAF	106.0±23.0 vs 148.0±33.6 (<i>P</i> <0.01)	31.8±11.3 vs 76.0±33.3 (<i>P</i> <0.01)	8.8±6.6 vs 8.5±3.5 (<i>P</i> =0.22)	—	—	17.1 vs 31.4 (<i>P</i> =0.14) (1 年)	PVI
Okamatsu/2019 ^[14]	60/20	前壁:50 W 后壁:40 W	前壁:AI=400 后壁:AI=360	PAF PerAF	— 84.0(72.0~93.0) (<i>P</i> =0.002)	40.0(28.0~63.0) vs 84.0(72.0~93.0) (<i>P</i> =0.002)	10.0(8.0~11.0) vs 10.0(8.0~13.0) (<i>P</i> =0.14)	85.0 vs 55.0 (<i>P</i> =0.002)	0 vs 10.0 (<i>P</i> =0.03)	0 vs 5.0 (<i>P</i> =0.44) (6 个月)	PVI±CTI± 线性消融± SVCI
Bunch/2020 ^[17]	804/402	前壁:50 W/5~15 s 后壁:50 W/2~3 s	—	PAF PerAF	104.3±63.6 vs 170.8±59.2 (<i>P</i> <0.01)	—	15.0±8.4 vs 20.1±18.6 (<i>P</i> <0.01)	—	—	12.9 vs 16.2 (<i>P</i> =0.19) (1 年) 26.5 vs 30.7 (<i>P</i> =0.23) (3 年)	线性消融 ±PVI
Kottmaier/2020 ^[18]	197/97	前壁:70 W/7 s 后壁:50 W/5 s	—	PAF	89.5±23.9 vs 111.2±27.9 (<i>P</i> <0.01)	12.4±3.4 vs 35.6±12.1 (<i>P</i> <0.01)	6.3±3.9 vs 6±3.8 (<i>P</i> =0.64)	—	13.0 vs 55.0 (<i>P</i> <0.01)	14.2 vs 32.3 (<i>P</i> <0.01) (1 年)	PVI
Ejima/2020 ^[19]	120/60	前壁:50 W 后壁:50 W	USM	PAF	108.9±22.6 vs 123.6±27.1 (<i>P</i> =0.03)	15.6±5.6 vs 31.6±9.9 (<i>P</i> <0.01)	0.3(0~6) vs 9.5(7.0~12.3) (<i>P</i> <0.01)	—	—	11.7 vs 26.7 (<i>P</i> =0.0423) (1 年)	PVI±SVCI ±CTI
Shin/2020 ^[20]	150/50	前壁:50 W 后壁:50 W	—	PAF PerAF	108.7±23.1 vs 135.6±29.5 vs 161.9±37.9 (30 W vs 40 W vs 50 W)(<i>P</i> <0.01)	38.2±14.8 vs 52.3±21.5 vs 73.1±30.5 (30 W vs 40 W vs 50 W)(<i>P</i> <0.01)	9.7±4.1 vs 11.0±3.0 vs 12.5±3.6 (30 W vs 40 W vs 50 W)(<i>P</i> =0.001)	—	14.0 vs 10.0 vs 16.0(30 W vs 40 W vs 50 W) (<i>P</i> =0.618)	14.0 vs 16.0 vs 18.0(30 W vs 40 W vs 50 W) (<i>P</i> =0.862) (1 年)	PVI±CTI± 线性消融
Yavin/2020 ^[5]	224/112	前壁:45~50 W/15 s 后壁:45~50 W/8 s	—	PAF PerAF	— 31.1±5.6 (<i>P</i> <0.01)	17.2±3.4 vs 31.1±5.6 (<i>P</i> <0.01)	—	90.2 vs 83.0 (<i>P</i> =0.03)	6.2 vs 12.5 (<i>P</i> =0.02)	16.6 vs 52.5 (<i>P</i> =0.03)	PVI±CTI± 线性消融
孙国建/2020 ^[21]	75/37	前壁:50 W 后壁:40 W	前壁:LSI 5~6 后壁:LSI 4~5	PAF PerAF	88.6±31.7 vs 105.5±35.5 (<i>P</i> <0.01)	—	9.2±10.7 vs 13.3±11.4 (<i>P</i> >0.05)	75.7 vs 71.7 (<i>P</i> >0.05)	—	—	PVI

注:PAF:阵发性房颤;PerAF:持续性房颤;RPV:右肺静脉;LPV:左肺静脉;CTI:三尖瓣峡部消融;SVCI:上腔静脉隔离。

5 HPSD 消融的局限性

HPSD 消融模式可提升 PVI 的持久性并减少周围组织损伤,但无法从根本上避免射频能量对于周围组织的损伤,也无法在房颤导管消融有效性与安全性方面带来革命性的进展。HPSD 消融目前仍有一些问题需要解决:(1)HPSD 模式过程参数(包括功率、放电时间及盐水泵速等)设置无统一的标准。有研究发现,HPSD 消融(50 W/5~15 s)术后发生心房扑动的风险增加(1 年: $HR=1.68$, $P=0.03$;3 年: $HR=1.42$, $P=0.04$),可能与左心房后壁的能量输出不足未形成透壁性损伤有关^[17]。Leshem 等^[7]研究发现,消融功率 ≥ 70 W 增加气爆和焦痂形成的风险,HPSD 消融在较薄的组织上可形成连续透壁的线性消融灶,但在较厚的组织上由于放电时间过短而无法形成透壁性心肌

损毁。(2)HPSD 消融虽降低肺静脉电位恢复率,但由于房颤复发的机制复杂,远期房颤复发率改善有限。有研究发现,HPSD 消融肺静脉电位恢复的位点多位于肺静脉间嵴和食管附近,可能与能量输出不足造成可逆性损伤有关^[19]。de Pooter 等^[25]经“CLOSE”标准指导实现 PVI 后,房颤复发患者中 62% 依然维持 PVI,这些患者与肺静脉电位恢复患者相比,在三维标测系统上低电压区发生率较高(57% vs 17%, $P=0.033$),该研究提示房颤复发与左房纤维化程度有关。(3)HPSD 消融如何在高功率输出的同时兼顾安全性是其关键问题。有研究表明,AI 指导下的 50 W 高功率消融的单圈隔离率为 92%,6 个月手术成功率为 96%,且并发症较少,证明 AI 指导下的 HPSD 消融可在保障安全性的同时实现高效消融^[26]。但 AI 在 70~90 W 的

vHPSD 消融策略中的应用受到很大限制,因为术中 AI 计算需要一个稳定的呼吸周期,初始值显示时已经超过 400,术者需要在 AI 值显示之前停止放电,避免过度加热和并发症的发生,导致在临床应用中无法依靠 AI。(4)HPSD 消融模式在阵发性房颤中具有较好的临床效果,能否对持续性房颤和长程持续性房颤也取得较好的临床收益尚缺乏相关的临床研究。

6 未来展望

HPSD 消融模式较 CAT 策略实现了很大的进步,改善了消融灶的连续性和透壁性,提升了 PVI 的持久性,且形成的消融灶较浅,减少了周围组织的损伤。目前,40~60 W/10~20 s 的 HPSD 消融方案的安全性和有效性已在基础和临床研究中得到证实,但 70~90 W 的 vHPSD 消融的安全性及有效性尚需进一步研究证实。消融终点预测参数的辅助和温度监控下 HPSD 消融进一步保障了手术的安全性,但消融终点预测参数的设置是 HPSD 消融的关键问题,仍需进一步基础和临床研究为 HPSD 消融策略的制定提供依据,对消融参数进行不断优化,最终形成统一标准并规范临床应用。HPSD 消融在线性消融、环上腔静脉消融、二尖瓣峡部消融和三尖瓣峡部消融等术式中也表现出较好的效果,能否改善持续性房颤的消融效果值得期待。HPSD 消融通过调整阻抗热与传导热的关系改善消融效果,但目前很难同时兼顾有效性和安全性,期待未来能够在放电的同时实时监测组织毁损程度及毁损范围的变化,从根本上解决房颤射频消融的有效性与安全性之间的矛盾。

7 小结

与 CAT 相比,消融终点预测参数指导下的 HPSD 消融可实现高效消融的同时兼顾安全性和有效性,但关于 HPSD 消融过程参数和终点预测参数尚缺乏基础研究和临床研究的指导,目前尚未形成标准化,有待更大样本量的前瞻性随机对照试验进一步研究,HPSD 消融策略在持续性房颤中的应用能否取得较好的临床获益仍需进一步证据。

参考文献

- [1] Hindricks G, Potpara T, Dagres N, et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association of Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) [J]. *Eur Heart J*, 2021, 42(5):546-547.
- [2] Andrade JG, Monir G, Pollak SJ, et al. Pulmonary vein isolation using "contact force" ablation: the effect on dormant conduction and long-term freedom from recurrent atrial fibrillation—A prospective study [J]. *Heart Rhythm*, 2014, 11(11):1919-1924.
- [3] Buist TJ, Zipes DP, Elvan A. Atrial fibrillation ablation strategies and technologies: past, present, and future [J]. *Clin Res Cardiol*, 2021, 110(6):775-788.
- [4] Winkle RA. HPSD ablation for high-power short-duration RF ablation for atrial fibrillation: a review [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2021, 31(10):2813-1823.
- [5] Yavin HD, Leshem E, Shapira-Daniels A, et al. Impact of high-power short-duration radiofrequency ablation on long-term lesion durability for atrial fibrillation ablation [J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2020, 6(8):973-985.
- [6] Bhaskaran A, Chik W, Pouliopoulos J, et al. Five seconds of 50-60 W radio frequency atrial ablations were transmural and safe: an in vitro mechanistic assessment and force-controlled in vivo validation [J]. *Europace*, 2017, 19(5):874-880.
- [7] Leshem E, Zilberman I, Tschabrunn CM, et al. High-power and short-duration ablation for pulmonary vein isolation: biophysical characterization [J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2018, 4(4):467-479.
- [8] Takigawa M, Kitamura T, Martin CA, et al. Temperature- and flow-controlled ablation/very-high-power short-duration ablation vs conventional power-controlled ablation: comparison of focal and linear lesion characteristics [J]. *Heart Rhythm*, 2021, 18(4):553-561.
- [9] Chinitz JS, Kapur S, Barbhuiya C, et al. Sites with small impedance decrease during catheter ablation for atrial fibrillation are associated with recovery of pulmonary vein conduction [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2016, 27(12):1390-1398.
- [10] Kanamori N, Kato T, Sakagami S, et al. Optimal lesion size index to prevent conduction gap during pulmonary vein isolation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2018, 29(12):1616-1623.
- [11] Pambrun T, Durand C, Constantin M, et al. High-power (40-50 W) radiofrequency ablation guided by unipolar signal modification for pulmonary vein isolation: experimental findings and clinical results [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2019, 12(6):e007304.
- [12] Taghji P, El Haddad M, Philips T, et al. Evaluation of a strategy aiming to enclose the pulmonary veins with contiguous and optimized radiofrequency lesions in paroxysmal atrial fibrillation: a pilot study [J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2018, 4(1):99-108.
- [13] Bourrier F, Vlachos K, Frontera A, et al. In silico analysis of the relation between conventional and high-power short-duration RF ablation settings and resulting lesion metrics [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2020, 31(6):1332-1339.
- [14] Okamatsu H, Koyama J, Sakai Y, et al. High-power application is associated with shorter procedure time and higher rate of first-pass pulmonary vein isolation in ablation index-guided atrial fibrillation ablation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2019, 30(12):2751-2758.
- [15] Berte B, Hilfiker G, Russi I, et al. Pulmonary vein isolation using a higher power shorter duration CLOSE protocol with a surround flow ablation catheter [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2019, 30(11):2199-2204.
- [16] Vassallo F, Cunha C, Serpa E, et al. Comparison of high-power short-duration (HPSD) ablation of atrial fibrillation using a contact force-sensing catheter and conventional technique: Initial results [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2019, 30(10):1877-1883.
- [17] Bunch TJ, May HT, Bair TL, et al. Long-term outcomes after low power, slower movement versus high power, faster movement irrigated-tip catheter ablation for atrial fibrillation [J]. *Heart Rhythm*, 2020, 17(2):184-189.
- [18] Kottmaier M, Popa M, Bourrier F, et al. Safety and outcome of very high-power short-duration ablation using 70 W for pulmonary vein isolation in patients with paroxysmal atrial fibrillation [J]. *Europace*, 2020, 22(3):388-393.
- [19] Ejima K, Higuchi S, Yazaki K, et al. Comparison of high-power and conventional-power radiofrequency energy deliveries in pulmonary vein isolation using unipolar signal modification as a local endpoint [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2020, 31(7):1702-1708.
- [20] Shin DG, Ahn J, Han SJ, et al. Efficacy of high-power and short-duration ablation in patients with atrial fibrillation: a prospective randomized controlled

- trial[J]. *Europace*, 2020, 22(10):1495-1501.
- [21] 孙国建,王浩,陈宇宁,等. 损伤指数指导下心房颤动高功率消融临床研究[J]. *心电与循环*, 2020, 39(2):164-167.
- [22] Ravi V, Poudyal A, Abid QU, et al. High-power short duration vs. conventional radiofrequency ablation of atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Europace*, 2021, 23(5):710-721.
- [23] Winkle RA, Mead RH, Engel G, et al. High-power, short-duration atrial fibrillation ablations using contact force sensing catheters: outcomes and predictors of success including posterior wall isolation[J]. *Heart Rhythm*, 2020, 17(8):1223-1231.
- [24] Winkle RA, Mohanty S, Patrawala RA, et al. Low complication rates using high power(45-50 W) for short duration for atrial fibrillation ablations[J]. *Heart Rhythm*, 2019, 16(2):165-169.
- [25] de Pooter J, Strisciuglio T, El Haddad M, et al. Pulmonary vein reconnection no longer occurs in the majority of patients after a single pulmonary vein isolation procedure[J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2019, 5(3):295-305.
- [26] Chen S, Schmidt B, Bordignon S, et al. Ablation index-guided 50 W ablation for pulmonary vein isolation in patients with atrial fibrillation: procedural data, lesion analysis, and initial results from the FAFA AI High Power Study[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2019, 30(12):2724-2731.

收稿日期:2021-05-14

《心血管病学进展》对来稿中表格制作的要求

表格可用全线表、省线表(包括三线表)和无线表。表格应是完整的、可独立存在的形象化语言,表格的内容应简洁直观,以数字表达为主,避免与文字表述过于重复,同时表格应具有自明性。

1. 表格的组成:(1)表序和表题:表序即表格的序号,一篇论文中如只有1个表格则表序编为表1,有两个及以上的表格,应按先后标出表的序号。序号用阿拉伯数字表示,置于表的上方。表题应准确得体、简洁精练,中间不用标点,末尾不加句号。(2)表头:对表格各行和各列单元格内容进行概括和提示的栏目,反映了表身中该栏信息的特征或属性。(3)表身:表头之外的单元格总体,是表格的主体,表身中单元格内的数值不宜带单位;表身中如果一个单元格内包含两个数据,其中一个数据应用括号,同时需要在表头或标注中说明;表身中单元格内可使用空白或一字线“—”填充,如果需要区别数据“不适用”和“无法获得”,前者可采用空白单元格,后者可采用一字线,并在正文或标注中说明这种区别。(4)表注:必要时,应将表中的符号、标记、代码,以及需要说明的事项,以最简练的文字,横排于表身下。

2. 表格制作的要求:(1)主谓清楚:表的横表头为主语,指表中所要说明的对象;纵表头为谓语,表示对主语的说明,读表的顺序为:主语→谓语→数据。特殊情况时,主、谓语可以换位,但换位后的主谓语的性质不变。作者在设计表格时,应力求科学、准确、一目了然。一个好的表格应具有语言学上的逻辑性,即主谓清楚、层次分明、标目合理。(2)数字准确:表格内的数字应准确无误,一律用阿拉伯数字,上下个位数对齐,数字中如有“±”或“~”号,则以其为中心对齐。表内不宜用“同上”“同左”“同类”词,须填入具体的数字或文字。(3)表格内的单位:表头中量和单位的标注形式应为“量的名称或符号/单位符号”;表格中涉及的单位全部相同时,宜在表的右上方统一标注。(4)表格中的统计学符号:论文中的显著性检验,只在表下注释 *P* 值是不够的,应将检验方法、计算结果及 *P* 值均列出,以便读者进一步了解实际差异的大小。

本刊编辑部