

消融指数在射频消融治疗阵发性心房颤动中的作用研究

陈丽竹¹ 梁拓¹ 陈小璐² 张鹤萍¹

[摘要] 目的:探讨消融指数(AI)指导心房颤动(房颤)射频消融的有效性和安全性。方法:选取2018年4月—2019年4月在我院心脏中心首次接受射频消融环肺静脉电隔离术(PVI)的阵发性房颤患者105例,分为AI组(AI指导PVI,52例)和CF组(传导压力导管指导PVI,53例),比较两组单圈PVI成功率、双侧PVI成功率、消融时间、总手术时间、主要手术并发症及术后随访12个月房颤复发率。结果:与CF组相比,AI组单圈PVI成功率明显提高,消融时间、总手术时间缩短,房颤复发率明显降低($P < 0.05$)。结论:AI指导房颤射频消融安全可行,PVI成功率高,并发症少,术后房颤复发率低。

[关键词] 心房颤动;导管消融;消融指数

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2021.03.015

[中图分类号] R541.7 **[文献标志码]** A

The role of ablation index in paroxysmal atrial fibrillation catheter ablation

CHEN Lizhu¹ LIANG Tuo¹ CHEN Xiaolu² ZHANG Heping¹

(¹Department of Cardiology, Beijing Friendship Hospital Affiliated to the Capital University of Medical Sciences, Beijing, 100050, China; ²Department of Pediatrics, West China Second University Hospital)

Corresponding author: ZHANG Heping, E-mail: cqs1950@163.com

Abstract Objective: To investigate the safety and efficacy of atrial fibrillation(AF) ablation guided by the ablation index(AI). **Methods:** A total of 105 consecutive patients referred for paroxysmal AF underwent pulmonary vein isolation(PVI) using radiofrequency catheter ablation first time were included. Patients were divided into two groups: AI-group(AI guided ablation, $n=52$), CF-group(contact force guided ablation, $n=53$). First-pass PVI, bilateral PVI success rate, ablation time, total operation time, major complications, and 12-months follow-up AF recurrence were compared between the two groups. **Results:** Compared with CF-group, first-pass PVI was more frequent, mean ablation time and total operation time were shorter, and AF recurrence was significantly lower in AI-group(all $P < 0.05$). **Conclusion:** Radiofrequency catheter ablation guided by AI results feasible, achieves a high rate of PVI, with a low complication rate and AF recurrence.

Key words atrial fibrillation; catheter ablation; ablation index

心房颤动(房颤)是最常见的心律失常,有较高的致死率和致残率^[1]。全球至少3300万房颤患者,未来30年,其数量可能翻倍^[2]。指南推荐对于症状明显、抗心律失常药物治疗无效的房颤患者首选射频消融肺静脉电隔离(pulmonary vein isolation, PVI)^[3]。因此目前接受导管消融治疗的房颤患者比例显著增加。持久的完全PVI是房颤导管消融的主要终点^[3]。为尽可能实现这一终点,临床不断革新消融设备及技术,如目前广泛使用的ST压力导管。然而,术后仍有2/3的患者肺静脉传导恢复,使房颤复发率增加^[4]。因此,临床亟需一种更加有效的技术来指导消融,以达到单次消融后持

久PVI。

精确的消融损伤对PVI至关重要,如果消融不足导致无效消融损伤,则影响PVI即刻及远期成功率,而消融过度,则可能发生危及生命的心包填塞以及左房-食管瘘等严重并发症^[5]。因此,消融指数(ablation index, AI)应运而生。AI是一种精确估计消融损伤程度的新指标,将时间、导管组织接触压力(contact force, CF)和功率纳入加权公式,整合在CARTO3三维电解剖标测系统自动消融取点软件VisTag中^[6]。消融过程中,术者应用严格的AI标准可以提高消融的透壁性和优化损伤质量,增加持久PVI成功率,降低房颤复发风险^[7]。然而,目前AI在临床上还未被广泛应用。本文阐述AI的工作原理,并通过比较传统压力导管与AI指导PVI,评价AI技术指导房颤消融的安

¹首都医科大学附属北京友谊医院心内科(北京,100050)

²四川大学华西第二医院儿科

通信作者:张鹤萍, E-mail: cqs1950@163.com

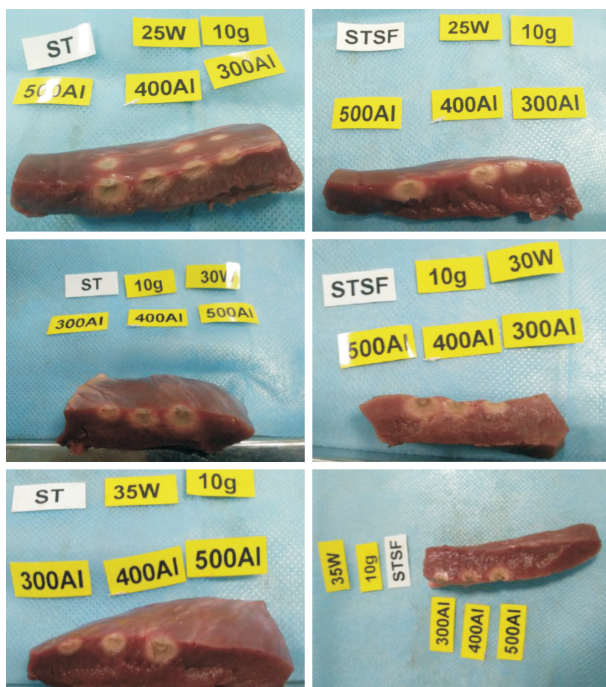
全性及有效性,以期为 AI 的应用提供理论依据。

1 对象与方法

1.1 AI 的原理

导管射频消融是利用射频电流的热效应使电极接触部位生物组织损伤失活从而切断异常电兴奋的传导路径。故消融损伤是否有效是评估消融效果最重要的指标。常用的消融损伤参数包括消融时间、CF(g)、功率、阻抗下降值、接触力-时间积分(FTI)、AI 等^[8]。AI 是目前估计消融损伤深度最精确的一个指标,计算公式为: $AI = \{K * \int_0^t CF^a(\tau) P^b(\tau) d\tau\}^c$, 纳入了压力、时间、功率等变量,将此公式融合到 CARTO3(Biosense Webster)三维电解剖标测系统的 VisTag 模块中,可将每个消融点的消融程度用数值呈现,即“数字化”^[6]。

消融过程中, AI 值前期爬升非常快, 10~15 s 后才进入平台期, 缓慢累积。如果确定射频功率及导管贴靠压力, 达到 AI 值越大, 所需时间越长; 如果设定相同的 AI 值和压力范围时, 功率越大, 所需消融时间越短。研究结果显示, 只要 AI 值相同, 无论压力、功率(在一定范围内)、导管类型、导管贴靠方式(平行贴靠、垂直贴靠), 损伤大小深度都相似, AI 值越大, 损伤越大, 与功率无关(图 1)。



注:图片引自 Johnson & Johnson Co Ltd。ST 导管: Smart Touch 导管(Biosense Webster), STSF 导管: Smart Touch Surround Flow 导管(Biosense Webster)。
图 1 不同压力导管在不同功率和压力下达达到相同 AI 值的组织损伤程度

Figure 1 The tissue damage degree of different catheters with the same AI value under different power and pressure

1.2 对象

入选 2018 年 4 月—2019 年 4 月在我院心脏中心首次接受射频消融术的阵发性房颤患者,均由同一术者完成手术。收集围手术期临床资料。纳入标准:阵发性房颤,首次行射频消融术,术式为 PVI。排除标准:持续性房颤、房性心动过速(房速)、心房扑动(房扑)、室性心律失常,附加线性消融。将患者分为 CF 组(传统压力导管指导 PVI)和 AI 组(AI 指导 PVI)。

1.3 PVI 操作方法

1.3.1 CF 指导的 PVI 常规消毒铺巾,局部麻醉下,在 X 线透视下经右股静脉途径穿刺房间隔,将 8.5F 长鞘(Swartz, SL1)推进至左心房。先经长鞘途径将 Pentary 电极(Biosense Webster)送入左心房,应用 CARTO3 系统进行左心房和肺静脉三维电解剖图重建。之后撤出 Pentary 导管,再次经长鞘途径将 Smart Touch 导管(Biosense Webster)送入左心房,采用冷盐水灌注,功率模式,行逐点 PVI。消融过程中消融点由 VisTag(Biosense Webster)自动实时显示(参数设置:最大导管位移 2.5 mm,最短稳定 3 s)。射频功率设置为前缘 35 W,后缘 30 W;CF 为 5~20 g;每点消融时间为 20~35 s;相邻消融位点间距 ≤ 6 mm。左右肺静脉完成射频消融后,用 Pentary 电极(Biosense Webster)验证双肺静脉是否达到电隔离。如果仍存在相关肺静脉电位或肺静脉电位恢复,则补点消融达到完全 PVI,实现左心房-肺静脉电传导双向阻滞,窦性心律者结束消融。

1.3.2 AI 指导的 PVI 与 CF 组采用相同的麻醉方案、穿间隔方案、重建左房肺静脉三维电解剖图方法、消融导管、射频仪及消融模式。同时启用 AI,规定 AI 目标值如下:前缘 450,右肺后缘 400,左肺后缘 350(图 3)。相邻消融位点间距 ≤ 6 mm。消融过程中,每个消融点的 AI 值达到目标值时,停止消融,导管移动到下一邻近位置继续消融。由于 AI 是 CF、功率和时间的组合,只要达到预定的目标 AI 值,术者可以自由改变其个别成分。PVI 后消融终点的评估与 CF 组相同。

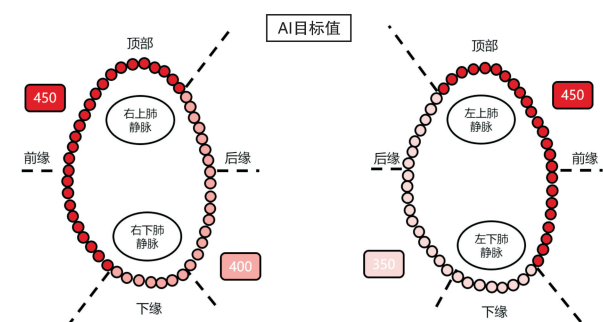


图 2 肺静脉各区域消融 AI 目标值

Figure 2 Target AI values of pulmonary vein ablation

1.4 手术观察指标

观察术中单圈 PVI 成功率、双侧 PVI 成功率、消融时间、手术总时间及手术相关并发症等指标。手术总时间是指从股静脉穿刺开始至手术结束拔出鞘管时间。手术相关并发症包括急性心包填塞、血栓栓塞、膈神经损伤、围手术期死亡等。

1.5 术后随访

常规术后 3、6、12 个月对患者进行临床随访。所有患者术后 3 个月停用抗心律失常药物。每次随访均记录患者 12 导联心电图及 24 h 动态心电图。主要终点事件为房颤复发。房颤复发定义为：术后 3 个月后出现任何房性快速性心律失常(房颤、房扑、房速)持续 30 s 以上。

1.6 统计学处理

应用 Stata 软件对数据进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,非正态分布则以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用 t 检验或 Mann-Whitney 检验。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 Fisher 精确检验或 χ^2 检验。采用 Kaplan-Meier 生存曲线分析比较两组的随访结果。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基线特征比较

AI 组与 CF 组患者临床基线特征无明显差异。AI 组在年龄、性别、BMI、左房直径、左室射血分数、合并疾病(高血压、糖尿病、冠心病、心力衰竭)等方面与 CF 组相比较差异无统计学意义。见表 1。

表 1 AF 组与 CF 组患者临床基线比较

项目	CF 组(53 例)	AI 组(52 例)	P 值
年龄/岁	63.2±9.6	66.2±8.0	0.0918
男性	27(50.9)	28(53.8)	0.766
左房直径/mm	38.3±3.9	39.3±4.3	0.2208
左室射血分数/%	66.3±5.9	67.9±4.5	0.1343
BMI/(kg·m ⁻²)	26.5±3.8	25.9±4.8	0.4497
卒中/TIA 史	9(16.9)	8(15.4)	0.824
高血压史	35(66.0)	37(71.2)	0.572
糖尿病史	18(33.9)	13(25.0)	0.314
冠心病史	17(32.1)	14(26.9)	0.563
心肌梗死病史	3(5.7)	2(3.8)	0.663
心力衰竭史	1(1.9)	1(1.9)	0.989
饮酒史	11(20.8)	16(30.8)	0.24

TIA:短暂性脑缺血发作。

2.2 手术观察指标比较

AI 组单圈 PVI 成功率显著高于 CF 组,消融时间、手术总时间均显著低于 CF 组(均 $P <$

0.05)。AI 组与 CF 组双侧 PVI 成功率均为 100%,且都未发生并发症。见表 2。

表 2 AF 组与 CF 组患者手术观察指标比较

项目	AI 组(52 例)	CF 组(53 例)	P 值
单圈 PVI 成功	24(46.2)	14(26.4)	0.035
双侧 PVI 成功	52(100.0)	53(100.0)	
消融时间/min	24.6±1.5	33.4±1.9	<0.001
手术总时间/min	136.5±5.8	140.5±6.9	0.0021
并发症	0(0)	0(0)	

2.3 随访结果

对 105 例患者均进行 12 个月随访。结果显示,AI 组房性快速性心律失常复发率明显低于 CF 组,两组比较差异有统计学意义(32.1% : 15.4%, $P = 0.045$)。Kaplan-Meier 生存曲线分析显示,术后 12 个月,AI 组复发房性快速性心律失常的风险更低(log rank $P = 0.0359$),见图 3。

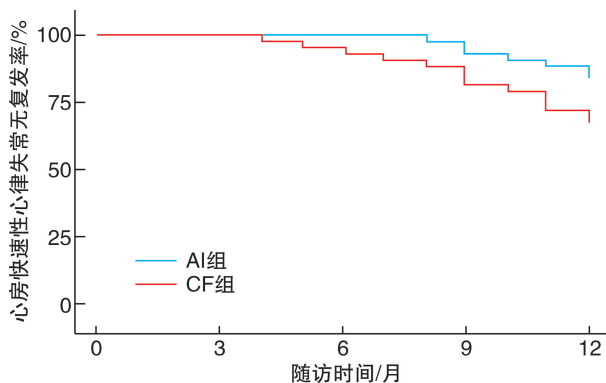


图 3 心房快速性心律失常复发的 Kaplan-Meier 曲线

Figure 3 Kaplan-Meier curves of atrial tachyarrhythmia recurrence

3 讨论

射频消融术逐渐成为房颤患者的一线治疗方案。射频消融损伤肺静脉前庭致 PVI 是房颤导管消融的基石^[3]。消融线的连续性和消融点的透壁性,是决定手术效果的关键。而消融损伤是否透壁和充分,取决于消融导管组织接触压力、消融时间及功率。如果消融导管接触不充分,容易引起组织细胞水肿、消融不透壁,当水肿消退后该部位肺静脉电传导易恢复。既往研究显示,压力是消融损伤程度的决定性因素,而且临床上从应用压力导管起,PVI 成功率明显提高,然而仍有 38%~62% 房颤患者术后出现晚期肺静脉电传导恢复,增加房颤复发风险^[9-10]。分析原因可能与单纯应用压力感知,而未综合纳入分析导管最佳压力维持时间、导管稳定性、损伤连续性等因素所致。之后出现了接

触力-时间积分 (FTI) 指标,但一方面 FTI 计算公式未纳入功率因素,没有考虑到功率对射频能量的传递;另一方面 FTI 仅是简单线性的压力与时间乘积,而这些因素对消融损伤的形成有不同的贡献,故用其指导消融也不令人满意^[11]。

AI 是一种新型反映消融损伤质量的指标,其将功率、接触压力以及时间纳入非线性加权公式,并将此公式融合到 CARTO3 (Biosense Webster) 三维电解剖标测系统的 VisTag 模块中。动物实验提示 AI 有助于精确评估消融损伤^[9]。之后, AI 逐渐应用于临床中。在有效性方面,国外研究发现 AI 指导消融与传统压力指导消融相比,急性肺静脉传导恢复及术后房颤复发率明显降低^[4,6-7,12],这与本研究结论相似。本研究证实, AI 指导消融的房颤复发率明显降低,且首次单圈 PVI 成功率升高,消融时间缩短。分析原因为,在 AI 指导下,消融损伤达到充分的透壁性。在安全性方面,国外研究提示, AI 指导消融的并发症发生率低于 2%^[13],这与本研究结果相似。在本研究中, AI 组双侧 PVI 成功率 100%,且无并发症发生。分析原因为,在 AI 指导保证消融有效性的基础上,使用尽可能低的 AI 值,可避免过度消融所致心包填塞及左房-食管瘘等严重并发症,使消融在有效性和安全性之间获得最佳平衡。如对于肺静脉后缘及下缘, AI 可控制在 330~350,而对于肺静脉前缘及顶部, AI 可控制在 400~450,均可保证有效且安全的消融损伤^[13-14]。

综上, AI 是一种综合了多种参数并经过复杂计算的新指标,将每个消融点的消融程度用数值呈现。术者根据预先设定的 AI 值进行逐点消融,通过 AI 也能更好地理解每个消融点的损伤程度,有利于消融的透壁损伤,获得更高的手术成功率。

参考文献

- [1] 张晶,郝应禄,李燕萍,等. STSF 导管结合消融指数在阵发性心房颤动射频消融术中的应用[J]. 临床心血管病杂志, 2020, 36(5): 468-471.
- [2] Ugowe FE, Jackson LR 2nd, Thomas KL. Atrial fibrillation and diabetes mellitus: can we modify stroke risk through glycemic control? [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2019, 12(5): e007351.
- [3] Kirchhof P, Benussi S, Kotecha P, et al. 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS [J]. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*, 2017, 70(11): 1031.
- [4] Hussein A, Das M, Chaturvedi V, et al. Prospective use of ablation index targets improves clinical outcomes following ablation for atrial fibrillation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2017, 28(9): 1037-1047.
- [5] Ha AC, Wijeyesundera HC, Birnie DH, et al. Real-world outcomes, complications, and cost of catheter-based ablation for atrial fibrillation: an update [J]. *Curr Opin Cardiol*, 2017, 32(1): 47-52.
- [6] Hussein A, Das M, Riva S, et al. Use of ablation index-guided ablation results in high rates of durable pulmonary vein isolation and freedom from arrhythmia in persistent atrial fibrillation patients: The PRAISE study results [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2018, 11(9): e006576.
- [7] Lee SR, Choi EK, Lee EJ, et al. Efficacy of the optimal ablation index-targeted strategy for pulmonary vein isolation in patients with atrial fibrillation: the OPTIMUM study results [J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2019, 55(2): 171-181.
- [8] Philips T, Taghji P, El Haddad M, et al. Improving procedural and one-year outcome after contact force-guided pulmonary vein isolation: the role of interlesion distance, ablation index, and contact force variability in the 'CLOSE'-protocol [J]. *Europace*, 2018, 20(FI_3): f419-f427.
- [9] Kautzner J, Neuzil P, Lambert H, et al. EFFICAS II: optimization of catheter contact force improves outcome of pulmonary vein isolation for paroxysmal atrial fibrillation [J]. *Europace*, 2015, 17(8): 1229-1235.
- [10] Das M, Loveday JJ, Wynn GJ, et al. Ablation index, a novel marker of ablation lesion quality: prediction of pulmonary vein reconnection at repeat electrophysiology study and regional differences in target values [J]. *Europace*, 2017, 19(5): 775-783.
- [11] Münkler P, Kröger S, Liosis S, et al. Ablation index for catheter ablation of atrial fibrillation—clinical applicability and comparison with force-time integral [J]. *Circ J*, 2018, 82(11): 2722-2727.
- [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] Solimene F, Schillaci V, Shopova G, et al. Safety and efficacy of atrial fibrillation ablation guided by Ablation Index module [J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2019, 54(1): 9-15.
- [14] Dhillon G, Ahsan S, Honarbakhsh S, et al. A multi-centered evaluation of ablation at higher power guided by ablation index: Establishing ablation targets for pulmonary vein isolation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2019, 30: 357-365.

(收稿日期: 2020-08-05)