

## • 综述 •

## 心房颤动冷冻球囊消融术常见并发症及其防治

张帆 黄从新

(武汉大学人民医院心内科 武汉大学心血管病研究所 心血管病湖北省重点实验室,湖北 武汉 430060)

**【摘要】** 对于药物控制不佳的症状性心房颤动患者,导管消融已经成为一线治疗方案。冷冻球囊消融术作为心房颤动治疗的新技术,在临床上越来越多地得到应用。通常,在单次冷冻后就可以取得满意的肺静脉电隔离效果,相对于传统的基于逐点消融的射频消融术有着巨大优势。但冷冻球囊消融术投入临床使用时间较短,目前仍有一些并发症存在。现总结其常见并发症的发生机制及防治措施。

**【关键词】** 心房颤动;冷冻球囊;消融;并发症

**【DOI】** 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2023.08.001

## Common Complications of Cryoballoon Ablation of Atrial Fibrillation and Its Prevention and Treatment

ZHANG Fan, HUANG Congxin

(Department of Cardiology, Renmin Hospital of Wuhan University, Cardiovascular Research Institute of Wuhan University, Hubei Key Laboratory of Cardiology, Wuhan 430060, Hubei, China)

**【Abstract】** Catheter ablation has become the first-line treatment for patients with symptomatic atrial fibrillation who are poorly controlled with drugs. As a new technique for the treatment of atrial fibrillation, cryoballoon ablation has been applied more and more in clinic. In general, pulmonary vein isolation can be achieved after a single cryopreservation, which has advantages over traditional point-by-point ablation-based radiofrequency ablation. However, the clinical application of cryoballoon ablation is short, and there are still some complications. This article summarized the mechanism and prevention and treatment measures of its common complications.

**【Key words】** Atrial fibrillation; Cryoballoon; Ablation; Complication

心房颤动(房颤)是最常见的症状性和持续性心律失常,近年来其患病率持续增加<sup>[1]</sup>。房颤不仅降低了患者的生活质量,同时还增加了患者的死亡风险,尤其是在控制不佳的情况下<sup>[2-3]</sup>。基于肺静脉电隔离(pulmonary vein isolation, PVI)的冷冻球囊消融术(cryoballoon ablation, CBA),在过去几年中已成为治疗药物控制不佳的难治性房颤的新型突破性技术。相对于目前常用的经导管射频消融术(radiofrequency catheter ablation, RFCA),由于不需要逐点消融,手术时间其明显缩短,且疗效不劣于 RFCA<sup>[4]</sup>。CBA 在导管-组织界面产生  $-50 \sim -30$  °C 的温度。在冷冻和复温的过程中,相邻组织的心肌细胞会发生坏死,从而达到消融效果。然而,这一过程也可能对周围组织带来额外损伤。CBA 有时会发生一些并发症,例如膈神经麻痹(phrenic nerve paralysis, PNP)、心房食管瘘、

血栓栓塞、肺静脉狭窄(pulmonary vein stenosis, PVS)等。现介绍 CBA 相关的以上 4 种主要并发症及防治策略。

### 1 PNP

PNP 是房颤消融治疗的常见并发症之一。其不仅发生于 RFCA,也常见于 CBA 中。在早期的 STOP AF 研究<sup>[5]</sup>中,CBA 中 PNP 的发生率约为 11.2%,大多数患者的症状均可在 1 年内缓解,约 1.5% 的患者在 1 年后持续存在 PNP 症状。早期的纳入 1 221 例患者的荟萃分析<sup>[6]</sup>显示,CBA 术中 PNP 发生率为 6.38%,部分是暂时性的,4.73% 的患者在术后有持续性 PNP。其中,0.37% 的患者 PNP 持续时间超过 1 年。而随着冷冻球囊的改良和操作经验的增加,PNP 发生率逐渐下降,但传统的 RFCA 的 PNP 发生率约为 0.1%,二者仍存在较大差异<sup>[7]</sup>。

基金项目:湖北省技术创新专项(重大项目)(2016ACA153)

通信作者:黄从新, E-mail: huangcongxin@vip.163.com

解剖因素对 PNP 的发生率有着重要影响。膈神经起源于第三、四、五颈神经。右膈神经沿右头臂静脉下降,行走于上腔静脉的右前侧,并穿过右肺静脉、上腔静脉及右心房交界处。左膈神经行走于左头臂静脉后方,沿主动脉弓、肺动脉干、左心耳及左心室下降。右膈神经距离右下肺静脉的最短距离约为 7.8 mm,而距离右上肺静脉的最短距离约为 2.1 mm<sup>[8]</sup>,同时女性的右上肺静脉至右膈神经的距离相对男性更短。这种情况下,在右上肺静脉行 CBA 时更容易发生损伤。影像学方面,以下因素也与 PNP 的发生相关:(1)较大的肺静脉开口尺寸;(2)较大的右上肺静脉与右心房右前侧壁间夹角;(3)较小的肺静脉口近端/远端比值<sup>[9]</sup>。此外若球囊过小、过于深入右侧肺静脉,便可以在消融过程中影响到膈神经的功能。

PNP 的早期症状可表现为咳嗽、呃逆和呼吸困难。在术中透视可观察到膈肌运动困难,如膈肌抬高,持续透视会增加辐射剂量。其他常用的膈神经监测方法包括膈神经起搏。其通过将起搏导管插入上腔静脉前侧,靠近心房的交界部位,冷冻球囊的上方,以 1 000 ~ 1 500 ms 的周期进行膈神经起搏。过快的起搏速度会导致膈肌疲劳。监测过程中应保持起搏导管贴靠稳定,避免误判。与此同时可以通过肋缘下膈肌触诊监测膈肌收缩的强度,若发生膈肌收缩力下降或失夺获便可提示 PNP 的发生。膈肌复合运动动作电位监测也有助于在膈肌起搏时评估膈神经情况,其可以通过安置在膈肌附近体表上的两个电极来记录<sup>[10]</sup>。当体表记录不理想时,可以在肝静脉中置入四极导管进行监测。研究<sup>[11]</sup>表明,膈肌复合运动动作电位振幅下降超过 35% 便提示 PNP,有助于早期发现损伤。心腔内超声及静脉压力监测也有助于发现 PNP。由于 CBA 中 PNP 的发生率高于 RFCA,目前多在术中采用 2 种或更多手段同时监测膈神经功能。

若术中观察到 PNP 的发生,应立即排除制冷剂,使组织尽快复温,防止损伤进一步加重。若膈神经功能在数分钟内恢复,可以重新定位球囊位置继续治疗。在短期随访的过程中,几乎所有 PNP 都是可逆的。在肺静脉开口进行仔细的解剖定位,操作期间进行仔细的膈神经功能监测,可以显著减少这种并发症的发生。

## 2 心房食管瘘

食管走行并贴靠在左心房之后,在较薄的左心房行消融治疗时易发生损伤,少数情况下可进展为心房食管瘘。心房食管瘘是与房颤消融相关的罕见并发症之一,其发生率约为 0.01%,但其死亡率可达 64%<sup>[12-13]</sup>。由于解剖上的毗邻关系,心房食管瘘通常

发生于消融左侧肺静脉后。球囊在左下肺静脉的贴靠较左上肺静脉更困难,需要施加向后的推力,因此在消融左下肺静脉时更容易发生损伤。

一般认为,食管瘘的发病机制是由于食管温度极低,导致食管溃疡的形成,进而发展为瘘管<sup>[14]</sup>,冷冻时间过长以及冷冻早期温度急剧下降也与其相关。低温治疗也可能损伤食管血管,尤其是食管前静脉。食管前静脉位于左心房与食管之间的脂肪垫中,其损伤后可以表现为术后发生的延迟性缺血性食管损伤。在内镜下可观察到由低温引起的界限清楚的病变,之后发生溃疡、坏死。

食管腔内温度测量可准确预测病变的形成,并可提高消融过程中的安全性<sup>[15]</sup>。有研究<sup>[16]</sup>表明,在食管温度下降至 15 °C 时停止冷冻,可以明显降低食管损伤的发生率,并且对 PVI 的疗效没有明显影响。监测隔离时间(time-to-isolation, TTI)可以预测消融效果,在不影响 PVI 效果的同时,缩短冷冻时间,从而降低并发症的发生率<sup>[17-18]</sup>。在一项 2022 年发表的纳入 2 289 例患者的荟萃分析<sup>[19]</sup>中显示,应用 TTI 平均可以缩短手术时间约 26 min,同时缩短透视时间约 3 min。此外,在进行手术之前,可预防性使用质子泵抑制剂等药物抑制胃酸的分泌,可以减少食管溃疡的发生<sup>[20-21]</sup>。一些患者在手术后不会立即表现出食管损伤的症状,因此术后的健康监测和随访相当重要。当患者出现发热、咽痛、胸痛、卒中及短暂性脑缺血发作等症状时应及时门诊随访,排除相关可能。

## 3 血栓栓塞

血栓栓塞是房颤导管消融手术的罕见并发症之一。随着操作技术的进步,其发生率逐渐下降,但仍不能完全忽略。通常,在进行消融手术前会行至少 3 周的有效抗凝治疗,或者使用经食管超声心动图检查对心房血栓进行评估,但微小的血栓仍有可能被遗漏。手术中导管操作可能使术前存在的心房血栓脱落。此外,穿刺操作和冷冻引起的组织损伤、局部心肌低动力等因素也会引起局部高凝状态,导致局部血栓形成<sup>[22]</sup>。

一些研究<sup>[23]</sup>显示,CBA 与 RFCA 的围手术期血栓栓塞发生率相似,均为 0.3%。栓塞事件常表现为短暂性脑缺血发作或者无症状性脑缺血事件,通常只有在进行影像学检查时才被发现<sup>[24]</sup>。在术前术后进行规范的抗凝治疗有助于降低血栓栓塞的发生率。

## 4 PVS

PVS 是房颤消融手术后的常见并发症,尤其是在 RFCA 后。CBA 技术的出现,有助于减少这种与手术相关的并发症。然而,越来越多的数据显示,CBA 并

不能完全避免 PVS。一项 2021 年发表的纳入 2 336 例患者的荟萃分析<sup>[25]</sup>显示,导致症状和需要干预的显著 PVS 的总体发生率为 0.17%。Watanabe 等<sup>[26]</sup>在一项纳入 50 例患者的研究中发现,左上肺静脉及左下肺静脉在经历 RFCA 后的急性期中,血管腔的面积分别减小了 19.9% 和 15.3%,而在 CBA 组分别为 6.8% 和 5.1%,提示在 CBA 后 PVS 的程度小于 RFCA。通常, PVS 由肺静脉的热损伤引起,加热效应引起组织蛋白质变性,甚至形成焦痂。若结缔组织基质严重受损,则可以使血管发生狭窄。而 CBA 的低温对内皮及结缔组织的损伤较小,其形成的瘢痕组织也更加均匀,因此 PVS 的发生率较低。

PVS 的症状取决于狭窄程度,包括劳力性呼吸困难、胸痛、胸部烧灼感、咳嗽或咯血。有时可能被误诊为肺炎,但是其对抗生素治疗无反应。随着疾病进展,其可以出现肺动脉高压的症状和体征。因此当行房颤消融术后的患者出现肺动脉高压的症状时应警惕 PVS。其诊断可以通过经食管超声心动图检查、V/Q 肺核素扫描、磁共振成像和 CT 进行评估<sup>[27]</sup>。若患者发生了重度的 PVS,可能需要植入肺静脉支架。因 CBA 导致的 PVS 是一种纤维化狭窄,由于纤维化组织的弹性,单纯的球囊扩张未必能取得满意疗效。即便及时治疗,仍有很大概率发生肺静脉再狭窄。

若肺静脉开口过大或球囊选择过小,使得消融发生在肺静脉中更深的位置时,会增加 PVS 的发生率<sup>[28]</sup>。而冷冻时间过长也会增加 PVS 的发生率。因此消融期间应避免球囊置入过深,同时应用 TTI 等监测手段缩短冷冻时间来减少 PVS 的发生。肺静脉血管造影、选择合适尺寸的球囊对于预防 PVS 有帮助<sup>[29]</sup>。

## 5 小结

此外,CBA 操作中还可能发生支气管损伤、心包积液、胃轻瘫及心肌穿孔等罕见并发症,以及外周血管操作相关的并发症,如穿刺处出血、局部血肿、血管瘤形成及空气栓塞等。既往研究<sup>[30]</sup>已经证明,在长期的消融成功率方面,CBA 和 RFCA 相似。而 CBA 手术时间短、不易形成严重 PVS 等特点,使得其在房颤的治疗中优于传统射频消融术,有望在临床中推广。相关术者应做到早期识别相关并发症,并熟练掌握应对方式。相信随着手术器械的进步及经验的积累,CBA 并发症的发生率会显著降低,使得更多患者受益。

## 参考文献

- [1] Rahman F, Kwan GF, Benjamin EJ. Global epidemiology of atrial fibrillation [J]. *Nat Rev Cardiol*, 2014, 11(11): 639-654.
- [2] van Gelder IC, van Veldhuisen DJ, Crijns HJ, et al. Rate Control Efficacy in permanent atrial fibrillation: a comparison between lenient versus strict rate control in patients with and without heart failure. Background, aims, and design of RACE II [J]. *Am Heart J*, 2006, 152(3): 420-426.
- [3] 中华医学会心电生理和起搏分会,中国医师协会心律失常专业委员会,中国房颤中心联盟心房颤动防治专家工作委员会. 心房颤动:目前的认识和治疗建议(2021) [J]. *中华心律失常学杂志*, 2022, 26(1): 15-88.
- [4] Kuck KH, Brugada J, Furnkranz A, et al. Cryoballoon or radiofrequency ablation for paroxysmal atrial fibrillation [J]. *N Engl J Med*, 2016, 374(23): 2235-2245.
- [5] Packer DL, Kowal RC, Wheelan KR, et al. Cryoballoon ablation of pulmonary veins for paroxysmal atrial fibrillation: first results of the North American Arctic Front (STOP AF) pivotal trial [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 61(16): 1713-1723.
- [6] Andrade JG, Khairy P, Guerra PG, et al. Efficacy and safety of cryoballoon ablation for atrial fibrillation: a systematic review of published studies [J]. *Heart Rhythm*, 2011, 8(9): 1444-1451.
- [7] Mol D, Houterman S, Balt JC, et al. Complications in pulmonary vein isolation in the Netherlands Heart Registration differ with sex and ablation technique [J]. *Europace*, 2021, 23(2): 216-225.
- [8] Sánchez-Quintana D, Cabrera JA, Climent V, et al. How close are the phrenic nerves to cardiac structures? Implications for cardiac interventionalists [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2005, 16(3): 309-313.
- [9] Saitoh Y, Ströker E, Irfan G, et al. Fluoroscopic position of the second-generation cryoballoon during ablation in the right superior pulmonary vein as a predictor of phrenic nerve injury [J]. *Europace*, 2016, 18(8): 1179-1186.
- [10] Franceschi F, Dubuc M, Guerra PG, et al. Diaphragmatic electromyography during cryoballoon ablation: a novel concept in the prevention of phrenic nerve palsy [J]. *Heart Rhythm*, 2011, 8(6): 885-891.
- [11] Lakhani M, Saiful F, Parikh V, et al. Recordings of diaphragmatic electromyograms during cryoballoon ablation for atrial fibrillation accurately predict phrenic nerve injury [J]. *Heart Rhythm*, 2014, 11(3): 369-374.
- [12] Finsterer J, Stöllberger C, Pulgram T. [Neurological complications of atrioesophageal fistulas: postprandial insults, epilepsy and meningitis] [J]. *Nervenarzt*, 2011, 82(2): 198-201.
- [13] John RM, Kapur S, Ellenbogen KA, et al. Atrioesophageal fistula formation with cryoballoon ablation is most commonly related to the left inferior pulmonary vein [J]. *Heart Rhythm*, 2017, 14(2): 184-189.
- [14] Ahmed H, Neuzil P, d'Avila A, et al. The esophageal effects of cryoenergy during cryoablation for atrial fibrillation [J]. *Heart Rhythm*, 2009, 6(7): 962-969.
- [15] Furnkranz A, Bordignon S, Schmidt B, et al. Luminal esophageal temperature predicts esophageal lesions after second-generation cryoballoon pulmonary vein isolation [J]. *Heart Rhythm*, 2013, 10(6): 789-793.
- [16] Furnkranz A, Bordignon S, Bohmig M, et al. Reduced incidence of esophageal lesions by luminal esophageal temperature-guided second-generation cryoballoon ablation [J]. *Heart Rhythm*, 2015, 12(2): 268-274.
- [17] Cordes F, Ellermann C, Decherer DG, et al. Time-to-isolation-guided cryoballoon ablation reduces oesophageal and mediastinal alterations detected by endoscopic ultrasound: results of the MADE-PVI trial [J]. *Europace*, 2019, 21(9): 1325-1333.
- [18] Reissmann B, Wissner E, Deiss S, et al. First insights into cryoballoon-based pulmonary vein isolation taking the individual time-to-isolation into account [J]. *Europace*, 2017, 19(10): 1676-1680.
- [19] Tsiachris D, Doundoulakis I, Antoniou CK, et al. Effectiveness and safety of a time to isolation strategy of cryoballoon ablation of atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2022, 33(12): 2640-2648.
- [20] Zellerhoff S, Lenze F, Eckardt L. Prophylactic proton pump inhibition after atrial fibrillation ablation: is there any evidence? [J]. *Europace*, 2011, 13(9): 1219-1221.

- review[J]. *Heart*, 2014, 100(6):465-472.
- [17] 丁文虹, 韩玲, 刘妍翰. 儿童肥厚型心肌病的超声学检查[J]. *中国实用儿科杂志*, 2019, 34(5):352-356.
- [18] 徐顺芯, 孔伟星. 磁共振成像与超声心动图对儿童肥厚型心肌病的诊断分析研究[J]. *全科医学临床与教育*, 2020, 18(4):314-317.
- [19] Sado DM, White SK, Piechnik SK, et al. Identification and assessment of Anderson-Fabry disease by cardiovascular magnetic resonance noncontrast myocardial T1 mapping[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2013, 6(3):392-398.
- [20] 闫朝武, 方伟, 汪蕾. 儿童肥厚型心肌病磁共振延迟强化特征分析[J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2018, 42(3):233-236 + 256.
- [21] Bruder O, Wagner A, Jensen CJ, et al. Myocardial scar visualized by cardiovascular magnetic resonance imaging predicts major adverse events in patients with hypertrophic cardiomyopathy[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 56(11):875-887.
- [22] 沈亦时, 傅国胜, 孙雅逊. 肥厚型心肌病的诊疗进展[J]. *临床心电学杂志*, 2018, 27(1):49-54.
- [23] Ostman-Smith I, Wettrell G, Keeton B, et al. Echocardiographic and electrocardiographic identification of those children with hypertrophic cardiomyopathy who should be considered at high-risk of dying suddenly[J]. *Cardiol Young*, 2005, 15(6):632-642.
- [24] 张海燕, 许静. 儿童肥厚型心肌病心室复极功能改变及临床应用价值[J]. *中国妇幼健康研究*, 2022, 33(6):108-111.
- [25] Artyeva NV. Dispersion of ventricular repolarization; temporal and spatial[J]. *World J Cardiol*, 2020, 12(9):437-449.
- [26] Nakano SJ, Menon SC. Risk stratification in pediatric hypertrophic cardiomyopathy: insights for bridging the evidence gap? [J]. *Prog Pediatr Cardiol*, 2018, 49:31-37.
- [27] Kalisz K, Rajiah P. Computed tomography of cardiomyopathies[J]. *Cardiovasc Diagn Ther*, 2017, 7(5):539-556.
- [28] 马晓海, 赵蕾, 葛海龙, 等. 延迟增强 CT 评估肥厚型心肌病心肌纤维化的意义[J]. *中国医学影像学杂志*, 2015, 23(2):100-104.
- [29] 王箭. 延迟增强 CT 评估肥厚型心肌病心肌纤维化的意义[J]. *中西医结合心血管病电子杂志*, 2019, 7(31):84.
- [30] 中华医学会心血管病学分会中国成人肥厚型心肌病诊断与治疗指南编写组, 《中华心血管病杂志》编辑委员会. 中国成人肥厚型心肌病诊断与治疗指南[J]. *中华心血管病杂志*, 2017, 45(12):1015-1032.
- [31] 郭颖, 高伟, 傅立军, 等. 有创性心导管检查对限制性心肌病和缩窄性心包炎的诊断价值[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2017, 32(1):34-37.
- [32] Kang E, Kim YM, Kang M, et al. Clinical and genetic characteristics of patients with fatty acid oxidation disorders identified by newborn screening[J]. *BMC Pediatr*, 2018, 18(1):103.
- [33] Geisterfer-Lowrance AA, Kass S, Tanigawa G, et al. A molecular basis for familial hypertrophic cardiomyopathy: a beta cardiac myosin heavy chain gene missense mutation[J]. *Cell*, 1990, 62(5):999-1006.
- [34] Moak JP, Kaski JP. Hypertrophic cardiomyopathy in children[J]. *Heart*, 2012, 98(14):1044-1054.
- [35] Chan W, Yang S, Wang J, et al. Clinical characteristics and survival of children with hypertrophic cardiomyopathy in China: a multicentre retrospective cohort study[J]. *Eclinicalmedicine*, 2022, 49:101466.
- [36] Walsh R, Thomson KL, Ware JS, et al. Reassessment of Mendelian gene pathogenicity using 7,855 cardiomyopathy cases and 60,706 reference samples[J]. *Genet Med*, 2017, 19(2):192-203.
- [37] García-Guistiniani D, Arad M, Ortiz-Genga M, et al. Phenotype and prognostic correlations of the converter region mutations affecting the  $\beta$  myosin heavy chain[J]. *Heart*, 2015, 101(13):1047-1053.
- [38] Mori AA, Castro LR, Bortolin RH, et al. Association of variants in MYH7, MYBPC3 and TNNT2 with sudden cardiac death-related risk factors in Brazilian patients with hypertrophic cardiomyopathy[J]. *Forensic Sci Int Genet*, 2021, 52:102478.
- [39] Miron A, Lafreniere-Roula M, Steve Fan CP, et al. A validated model for sudden cardiac death risk prediction in pediatric hypertrophic cardiomyopathy[J]. *Circulation*, 2020, 142(3):217-229.

收稿日期:2022-11-30

(上接第 675 页)

- [21] Cordes F, Ellermann C, Dechering DG, et al. Pre-procedural proton pump inhibition is associated with fewer peri-oesophageal lesions after cryoballoon pulmonary vein isolation[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1):4728.
- [22] Gaita F, Leclercq JF, Schumacher B, et al. Incidence of silent cerebral thromboembolic lesions after atrial fibrillation ablation may change according to technology used: comparison of irrigated radiofrequency, multipolar nonirrigated catheter and cryoballoon[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2011, 22(9):961-968.
- [23] Schmidt M, Dorwarth U, Andresen D, et al. Cryoballoon versus RF ablation in paroxysmal atrial fibrillation: results from the German Ablation Registry[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2014, 25(1):1-7.
- [24] Herrera Siklody C, Deneke T, Hocini M, et al. Incidence of asymptomatic intracranial embolic events after pulmonary vein isolation: comparison of different atrial fibrillation ablation technologies in a multicenter study[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 58(7):681-688.
- [25] Romero J, Gabr M, Patel K, et al. Efficacy and safety of left atrial appendage electrical isolation during catheter ablation of atrial fibrillation: an updated meta-analysis[J]. *Europace*, 2021, 23(2):226-237.
- [26] Watanabe R, Sairaku A, Yoshida Y, et al. Head-to-head comparison of acute and chronic pulmonary vein stenosis for cryoballoon versus radiofrequency ablation[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2018, 41(4):376-382.
- [27] Vanderlaan RD, Rome J, Hirsch R, et al. Pulmonary vein stenosis: treatment and challenges[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2021, 161(6):2169-2176.
- [28] Narui R, Tokuda M, Matsushima M, et al. Incidence and factors associated with the occurrence of pulmonary vein narrowing after cryoballoon ablation[J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2017, 10(6):e004588.
- [29] Raviele A, Natale A, Calkins H, et al. Venice Chart international consensus document on atrial fibrillation ablation: 2011 update[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2012, 23(8):890-923.
- [30] Cheng X, Hu Q, Zhou C, et al. The long-term efficacy of cryoballoon vs irrigated radiofrequency ablation for the treatment of atrial fibrillation: a meta-analysis[J]. *Int J Cardiol*, 2015, 181:297-302.

收稿日期:2022-12-26