

· 综述 ·

心房颤动导管消融治疗新进展:技术革新与未来展望

佟嘉佳¹ 王雨² 王耀晨² 孙凤志² 张树龙² 刘吉义²

(1. 大连医科大学, 辽宁 大连 116000; 2. 大连大学附属中山医院心脏中心, 辽宁 大连 116000)

【摘要】 心房颤动(房颤)作为全球范围内日益增长的心律失常疾病,增加了卒中和心力衰竭的风险,影响患者的生活质量,并给医疗系统带来了沉重的负担。目前,房颤的治疗主要包括抗心律失常药和射频消融术。与药物治疗相比,导管消融在降低房颤复发风险、心血管住院率和死亡率等方面具有显著优势。近年来房颤消融技术不断进展,为患者提供了更优化的治疗选择。本文将重点综述房颤消融技术最新进展与临床应用,以期丰富房颤患者的治疗选择,进一步改善预后。

【关键词】 导管消融;心房颤动;远程磁导航;脉冲电场消融;人工智能

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2025.12.001

Catheter Ablation for Atrial Fibrillation: Technological Innovation and Future Expectation

TONG Jiajia¹, WANG Yu², WANG Yaochen², SUN Fengzhi², ZHANG Shulong², LIU Jiyi²

(1. Dalian Medical University, Dalian 116000, Liaoning, China; 2. Department of Cardiology, Zhongshan Hospital Affiliated to Dalian University, Dalian 116000, Liaoning, China)

【Abstract】 Atrial fibrillation (AF), as a growing global arrhythmia disorder, increases the risk of stroke and heart failure, impairs patients' quality of life, and imposes a heavy burden on healthcare systems. Currently, the primary treatments for AF include antiarrhythmic drugs and radiofrequency ablation. Compared with pharmacological therapy, catheter ablation demonstrates significant advantages in reducing AF recurrence risk, decreasing cardiovascular hospitalization rates, and lowering mortality. In recent years, continuous advancements in AF ablation techniques have provided patients with more optimized treatment options. This article will focus on reviewing the latest progress and clinical applications of AF ablation technologies, aiming to expand therapeutic options for AF patients and further improve their prognosis.

【Keywords】 Catheter ablation; Atrial fibrillation; Remote magnetic navigation; Pulsed electric field ablation; Artificial intelligence

心房颤动(房颤)是最常见的心律失常之一,其发病率在全球范围内逐渐增加,已成为严重影响公共健康的关键问题。房颤不仅增加卒中和心力衰竭的风险,同时显著影响患者的生活质量,给患者和社会带来巨大的医疗负担^[1]。目前,房颤节律控制主要依赖抗心律失常药和射频导管消融。导管消融因能显著降低房颤复发率、心血管住院率、死亡率及卒中风险,被《心房颤动诊断和治疗中国指南》^[2]及《2024 EHRA/HRA/APHRS/LAHS 关于房颤导管和手术消融的专家共识声明》^[3]一致推荐为阵发性房颤(paroxysmal atrial fibrillation, PAF) IA 类一线治疗方案。然而,关于导管消融的最佳治疗策略、能量选择及术后并发症等问题仍存在诸多挑战。随着技术的不断进步,近年来在房颤导管消融领域涌现出多种创新技术和理念,为优化临床疗效、减少术后并发症提供了新的可能性。本文将对

房颤导管消融能量及技术的最新进展进行综述,并探讨其未来发展方向。

1 传统热能消融技术

1.1 高功率短时程射频消融

高功率短时程(high-power short-duration, HPSD)射频消融是指射频消融能量 >40 W,单个点射频消融时间 <20 s 的消融技术,是迄今为止肺静脉隔离(pulmonary vein isolation, PVI)常见的消融方式。多个临床研究证实了 HPSD 射频消融对新发房颤^[4]、PAF^[5]的安全性和有效性。理论上, HPSD 射频消融可在减少消融点和缩短消融时间的同时,达到与传统消融策略相似的病灶消融深度,且不增加相关并发症的发生风险。一项研究^[6]报道,使用 HPSD 射频消融进行治疗的 10 284 例患者的并发症发生率分别是:食管瘘为 0.009%,心脏压塞为 0.240%,卒中

(6 例发生在前 48 h 内)为 0.043%,需要干预的肺静脉狭窄和死亡均为 0.014%。然而,在左心房后壁等靠近食管附近的区域,时间<5 s 的高功率传导不足以造成持久隔离,可能导致该区域的传导恢复,从而影响消融效果。因此,如何延长能量输送时间以改善消融效果仍是当前研究的重点方向。

1.2 冷冻球囊消融

冷冻球囊消融(cryoballoon ablation, CBA)是一种基于 PVI 的创新技术,通过在导管组织界面产生-50~-30℃的低温,实现对心肌细胞的冷冻消融效果。其中,Arctic Front 冷冻球囊是最常用的单环冷冻球囊,已成为 PAF 患者的一线治疗。而以 Arctic Front Advance 为代表的第二代 CBA 系统相比于第一代提高了单次消融成功率,在冷冻效率、手术时间及安全性上均有显著提升,是目前全球应用最广泛的冷冻消融设备之一。一项针对 80 岁以上患者 CBA 治疗房颤的病例系列研究^[7]发现,采用第二代冷冻球囊进行 PVI 治疗后,随访 6 个月和 12 个月时的房颤无复发率分别达到 80%和 70%,且未观察到与手术相关的并发症。然而,尽管第二代冷冻球囊在治疗房颤患者中展现了较高的安全性和有效性,但其更广泛的消融范围也可能带来额外风险。相关研究^[8]显示,CBA 可能导致神经轴突甚至神经细胞体的破坏,同时术后心肌酶学水平显著升高,提示心肌损伤的发生。

改进型冷冻球囊系统 PolarX 旨在提高成功率,并能被术者更好地控制。Reichlin 等^[9]将 201 例 PAF 患者随机分配使用 PolarX 冷冻球囊或 Arctic Front 冷冻球囊进行消融。研究显示,与 Arctic Front 相比,PolarX 并不能显著减少房性心律失常的复发,且复合安全终点出现频率更高。因此,尽管球囊技术在不断更新,新一代冷冻球囊技术具有一定的优势,但其潜在的并发症风险需要引起关注,未来仍需进一步研究以优化消融方案。

1.3 超低温冷冻消融

超低温冷冻消融(ultra-low temperature cryoablation, ULTC)是一种新兴技术,旨在提高低温热能的利用率,同时用于治疗持续性房颤(persistent atrial fibrillation, PeAF)。ADAGIO 系统能够达到-196℃的最低冷冻温度,有效避免了因气体膨胀引起的深层组织损伤^[10]。研究^[11]表明,ULTC 系统在治疗房颤 PVI 中取得即刻成功率为 97%,1 年随访中无房性心律失常的发生率为 82%;在单独使用 ULTC 系统时,PVI 成功率达 98.1%,且无重大围手术期并发症,6 个月随访显示房颤无复发率为 83%。这些结果均证明了 ULTC 技术的有效性和安全性,但其在 PeAF 左后壁隔离中

的作用仍需进一步研究。Tohoku 等^[12]对 27 例症状性房颤患者进行研究,结果显示,单独使用 ULTC 时 PVI 的成功率是 98.1%,无重大围手术期并发症。6 个月的随访显示 83%的患者无房颤复发。因此,ULTC 是未来房颤射频消融术的另一选择。

1.4 Marshall 静脉无水乙醇化学消融

Marshall 静脉(vein of Marshall, VOM)被认为是 PeAF 导管消融的重要辅助策略。相比传统外科手术,VOM 无水乙醇化学消融联合导管消融在促进左肺 PVI、提升二尖瓣峡部阻滞率以及减少冠状静脉窦消融需求方面表现出显著优势。此外,该方法能够缩短射频消融术时间、快速实现去神经支配,并显著降低传导恢复率,从而更有效地维持窦性心律。近年来,VOM 无水乙醇化学消融被认为是 PeAF 导管消融的重要辅助策略。多项研究显示,结合 VOM 乙醇化的改良“2C3L”术式较传统术式能显著提高消融成功率,降低房颤复发率。例如,PROMPT-AF 多中心随机试验^[13]结果显示,改良“2C3L”术式的 12 个月房颤复发率为 40%,显著低于单纯 PVI 的 55%,中国学者也得到了相似的结论。然而,PeAF 消融仍面临如二尖瓣峡部解剖复杂、射频消融风险高及术后心律失常频发等挑战。由于 VOM 解剖的个体差异,消融效果也存在变异。因此,未来应根据患者 VOM 解剖特点,制定个体化消融方案,以进一步提升治疗效果。

1.5 激光球囊消融

近期,研究人员提出 HeartLight 球囊新技术可通过内窥镜引导的激光能量,可视化精准消融肺静脉口目标组织。在球囊消融系统中,激光可视球囊消融(visually guided laser balloon ablation, VGLB),又称第一代激光球囊,作为持久 PVI 的有前景的技术,其效果与射频消融术相当。第二代激光球囊设备能更好地贴合组织,提升肺静脉闭塞和可视性,无需球囊重新定位或旋转即可成功隔离。指南推荐通过导管消融进行 PVI 治疗药物难治性 PAF。Rovaris 等^[14]对 73 例患者进行研究,证实了第二代激光球囊消融术治疗房颤的安全性,在实现急性隔离方面非常有效,并且通过持续节律监测评估显示,心律失常复发率较高,房性心动过速负担低。此外,近期在欧洲进行的一项多中心随机临床试验^[15]将 VGLB 与 CBA 在房颤患者的应用进行了比较。为提升安全性、效率和操作便捷性,第三代激光球囊消融系统应运而生。该新型导管集成马达,可自动生成环周病变(RAPID™ 模式),加快并优化消融过程。Ciconte 等^[16]对 257 例 PAF 患者的研究显示,第三代激光球囊较第二代激光球囊具有手术时间短、透视少、电隔离率高及心律失常复发率

低的特点,临床疗效更优。综上,第三代激光球囊相较于前代技术有着更精准的消融控制、提升的手术效率以及优化的安全性,但还需要大样本随机化研究来最终证实。

2 非热能相关消融技术

2.1 脉冲电场消融

脉冲电场消融(pulsed electric field ablation, PFA)基于一种称为电穿孔的生物作用,将高强度的电场短时间作用于心脏组织,最终导致靶细胞不可逆性死亡。与传统射频消融术或冷冻消融主要利用热效应不同,PFA的非热性机制可在消融过程中避免温度过高或过低带来的风险,还可以选择性地靶向心肌组织,同时保留周围的非心脏组织。Turagam等^[17]对来自24个欧洲心脏中心的1568例患者进行研究,研究结果表明在12个月的随访中,单次消融手术后30s无房颤、心房扑动、房性心动过速复发的主要有效性结果为78.1%,PAF组比PeAF组更有效。此外,由于它对心肌细胞的高度选择性,能在有效消融过程中最大限度地保留非靶组织的功能,进一步提升了临床安全性^[18]。Reddy等^[19]对25例PeAF患者进行研究,所有病例都能持久消融后壁,96%可以持久PVI,没有发生与PFA相关的安全事件。与PAF不同,单纯PVI通常不足以治疗PeAF,临床上更多采用PVI联合附加消融,即“PVI+”策略^[20]。目前最常用的“PVI+”术式是通过在肺静脉上下缘之间构建顶部线与底部线联合左心房后壁消融(posterior atrial wall ablation, PWA)。Reddy等^[21]对339例PeAF患者进行研究,证明了PVI+PWA联合PFA治疗PeAF的安全性和有效性。在第二阶段研究中,Reddy等^[22]又对接受PVI+PWA的255例患者,以及141例接受三尖瓣峡部PFA的心房扑动患者通过可插入式心脏监测仪进行持续节律监测,研究再次有效证明了三尖瓣峡部消融以及PVI+PWA的安全性和有效性。

PFA术后主要并发症有血管内容血、心脏压塞、卒中或短暂性脑缺血发作、膈肌麻痹、肺静脉狭窄、心脏传导阻滞、食管瘘、心肌梗死和死亡等。其中,血管内容血在房颤PFA术后并发症中较受关注,Popa等^[23]对145例接受双相PFA手术和70例接受传统射频消融术的患者进行研究,使用PFA的房颤导管消融与显著的血管内容血相关,PFA诱导的溶血的严重程度随着PFA应用的数量而增加。虽然PFA与血红蛋白下降显著相关,但未发生临床显著性的贫血。Medi等^[24]对60例PAF患者、30例PeAF患者以及30例室上性心动过速患者与非手术组比较,在基线、术后2d和90d分别采用可靠变化指数计算术后认知功能障

碍。研究表明,房颤术后认知功能障碍与房颤患者中13%~20%的术后认知功能障碍患病率相关,这些细微变化的长期影响需要进一步研究。

尽管如此,PFA技术仍处于发展初期,未来需优化消融电极设计和电场分布的精准度,并通过大规模临床研究验证其长期疗效和安全性。此外,整合其他消融技术与优化治疗算法也将是今后研究重点,从而为房颤患者提供更加个体化、高效的治疗方案。

2.2 杂交消融

杂交消融是心外膜结合心内膜导管消融的混合方法,可以利用每种消融策略的相对优势,最大限度地提高治疗PeAF和长期PeAF的疗效和安全性。随着发展,Cox-Maze IV迷宫手术逐渐应用于临床。鉴于手术消融方法的局限性,杂交消融模式得以产生,杂交消融术结合心外膜射频消融术和心内膜导管消融术来起到消融房颤的作用,可避免体外循环以及胸骨切开对机体带来伤害。其能量来源有冷冻、射频、微波、脉冲电场等。Bianchini等^[25]对93例长期PeAF患者进行研究,证明了杂交消融术的有效性和安全性。近年来,研究结果表明,杂交消融是一项安全的技术,取得了令人满意的成效,但房颤混合消融术需要多学科的共同参与、密切协作。

3 未来发展趋势

3.1 超高功率短时程射频消融

超高功率短时程(very high-power short-duration, vHPSD)射频消融是一种新兴的心律失常消融技术,常用90W功率在4s内完成消融,也可结合HPSD(50W)及消融指数策略。多项研究比较了vHPSD射频消融与其混合消融策略在PVI中的效果。以Chen^[26]的研究为例,混合入路组的首次通过PVI成功率显著高于单纯vHPSD射频消融组(73% vs 51%),二者手术时间相近,且房颤复发率与并发症发生率相当。首次PVI成功率反映了消融的精确性、有效性及连续性,可提升手术效率并降低并发症风险。多项大规模研究结果亦表明,无论采用vHPSD射频消融还是混合方案,均能在较低的并发症发生率下取得良好的临床效果,心律失常无复发率较高。总体来看,vHPSD射频消融为心律失常导管消融提供了高效、安全的新选项。未来仍需进一步研究以优化参数和流程,拓展其在复杂心律失常中的应用潜力。

3.2 远程磁导航指导下消融

远程磁导航(remote magnetic navigation, RMN)指导下消融被认为是导管消融的一种替代策略。消融导管的运动是由两个外部永久磁铁产生的磁力远程指导。Noten等^[27]对211例PAF患者进行的研究表

明,与冷冻消融和手动射频消融术相比,RMN 引导的 PVI 可使 PAF 患者的房颤自由度更高,且具有与手动射频消融术相当的效率。刘晓宇等^[28]对 144 例冷冻消融患者和 121 例 RMN 指导下房颤消融患者进行研究,与 CBA 相比,RMN 手术时间增加,但放射暴露明显减少,其中对于肥胖患者以及非 PAF 患者和肺静脉变异患者的放射暴露量减少更为明显,故 RMN 对这类患者可以在不影响手术效果的前提下达到减少放射暴露的目的。虽然 RMN 在多方面存在显著优势,但在临床证据方面仍有很大的差距,需要进行大量随机试验,此外,关于 RMN 与其他能量形式(如 HPSD 和 PFA)的联合使用以及成本效益还有待研究。再次,RMN 在导管设计、制图和高级自动化方面仍有挑战需要克服。还需扩大 RMN 与其他成像技术、制图系统和高密度多极制图的结合。这些实现将有助于导管导航和消融的全自动算法的未来发展。

3.3 人工智能技术

人工智能(artificial intelligence, AI)在房颤射频消融术领域的应用日益受到关注。通过深度学习算法 AI 可对心脏三维结构进行精准分析,生成高精度电生理图谱,提升病变定位精度,减少术中误诊和遗漏。例如,Chen 等^[29]利用卷积神经网络对心脏 CT 图像实现了高准确率的左心房自动分割和三维重建。Liu 等^[30]结合卷积神经网络和递归神经网络进一步提高了分割效率和准确性。此外,AI 还可通过模拟和预测,辅助制定个体化消融策略,提高手术成功率。

术后复发是影响房颤治疗效果的重要因素。传统的随访病历和检查资料,存在滞后性和数据缺失的问题。Tang 等^[31]开发了一种基于卷积神经网络的多模式融合框架,将心电图、心电信号和临床特征相结合,用于预测导管消融后一年房颤复发率,预测效能达 0.859%。此外,Liu 等^[32]创建了非肺静脉房颤触发因素的预测模型,能够识别非肺静脉触发的高风险患者,该模型的准确性为 82.4%,这对于预测复发至关重要,且可促进早期干预,最大限度地减少导管消融后房颤复发的可能性。

虽然 AI 在房颤射频消融术领域仍处于起步阶段,但其发展前景广阔。随着算法优化和数据资源不断丰富,AI 将在智能诊断、远程手术及跨学科协作等方面提供有力支持。同时通过多模态数据融合,实现影像、遗传和病史等多维信息整合,助力全面诊疗。需要注意的是,伦理、隐私和算法透明性等问题也亟待规范。只有在专业监管和技术创新的共同推动下,AI 才能为该领域带来更大价值。

展望未来,房颤导管消融技术的发展将继续朝着

精准化、个体化和智能化的方向迈进。RMN 指导下消融等新兴技术有望进一步优化消融效果,减少术中并发症,同时拓展适应证范围。AI 技术的引入,将在术前评估、术中导航和术后随访中发挥重要作用,为房颤治疗提供更高效、更精准的解决方案。此外,多模态技术的整合和新型能量源的探索,可能为复杂房颤病例的治疗带来突破性进展。随着基础研究和临床实践的不断深入,房颤导管消融技术将进一步提升治疗效果,为患者提供更优质的医疗服务和更长远的获益。

参考文献

- [1] Feinberg WM, Blackshear JL, Laupacis A, et al. Prevalence, age distribution, and gender of patients with atrial fibrillation. Analysis and implications [J]. *Arch Intern Med*, 1995, 155(5):469-473.
- [2] 中华医学会心血管病学分会,中国生物医学工程学会心律分会. 心房颤动诊断和治疗中国指南[J]. *中华心血管病杂志*, 2023, 51(6):572-618.
- [3] Tzeis S, Gerstenfeld EP, Kalman J, et al. 2024 European Heart Rhythm Association/Heart Rhythm Society/Asia Pacific Heart Rhythm Society/Latin American Heart Rhythm Society expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation [J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2024, 67(5):921-1072.
- [4] Reinsch N, Fitting A, Hartl S, et al. Pulmonary vein isolation using pulsed field ablation vs. high-power short-duration radiofrequency ablation in paroxysmal atrial fibrillation: efficacy, safety, and long-term follow-up (PRIORI study) [J]. *Europace*, 2024, 26(7):euae194.
- [5] Dello Russo A, Compagnucci P, Anselmino M, et al. Pulsed field vs very high-power short-duration radiofrequency ablation for atrial fibrillation: results of a multicenter, real-world experience [J]. *Heart Rhythm*, 2024, 21(9):1526-1536.
- [6] 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.
- [7] Akhtar T, Berger R, Marine JE, et al. Cryoballoon ablation of atrial fibrillation in octogenarians [J]. *Arrhythmia Electrophysiol Rev*, 2020, 9(2):104-107.
- [8] Casella M, Dello Russo A, Russo E, et al. Biomarkers of myocardial injury with different energy sources for atrial fibrillation catheter ablation [J]. *Cardiol J*, 2014, 21(5):516-523.
- [9] Reichlin T, Kueffer T, Knecht S, et al. PolarX vs Arctic Front for cryoballoon ablation of paroxysmal AF: the randomized COMPARE CRYO Study [J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2024, 10(7 Pt 1):1367-1376.
- [10] Klaver MN, de Potter T, J, Iliodromitis K, et al. Ultralow temperature cryoablation using near-critical nitrogen for cavotricuspid isthmus-ablation, first-in-human results [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2021, 32(8):2025-2032.
- [11] de Potter T, Klaver M, Babkin A, et al. Ultra-low temperature cryoablation for atrial fibrillation: primary outcomes for efficacy and safety: the Cryocure-2 study [J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2022, 8(8):1034-1039.
- [12] Hohoku S, Schmidt B, Bordignon S, et al. Initial clinical experience of pulmonary vein isolation using the ultra-low temperature cryoablation catheter for patients with atrial fibrillation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2022, 33(7):1371-1379.
- [13] Liu XX, Liu Q, Lai YW, et al. Prospective randomized comparison between upgraded '2C3L' vs. PVI approach for catheter ablation of persistent atrial fibrillation: PROMPT-AF trial design [J]. *Am Heart J*, 2023, 260:34-43.
- [14] Rovaris G, Cicone G, Schiavone M, et al. Second-generation laser balloon ablation for the treatment of atrial fibrillation assessed by continuous rhythm

- monitoring: the LIGHT-AF study [J]. *Europace*, 2021, 23(9):1380-1390.
- [15] Chun JKR, Bordignon S, Last J, et al. Cryoballoon versus laserballoon: insights from the first prospective randomized balloon trial in catheter ablation of atrial fibrillation [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2021, 14(2):e009294.
- [16] Ciconte G, Schiavone M, Rovaris G, et al. Anatomical-guided third-generation laser balloon ablation for the treatment of paroxysmal atrial fibrillation assessed by continuous rhythm monitoring: results from a multicentre prospective study [J]. *Europace*, 2024, 26(11):euae263.
- [17] Turagam MK, Neuzil P, Schmidt B, et al. Safety and effectiveness of pulsed field ablation to treat atrial fibrillation: one-year outcomes from the MANIFEST-PF registry [J]. *Circulation*, 2023, 148(1):35-46.
- [18] Yavin H, Shapira-Daniels A, Barkagan M, et al. Pulsed field ablation using a lattice electrode for focal energy delivery: biophysical characterization, lesion durability, and safety evaluation [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2020, 13(6):e008580.
- [19] Reddy VY, Anic A, Koruth J, et al. Pulsed field ablation in patients with persistent atrial fibrillation [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 76(9):1068-1080.
- [20] Joglar JA, Chung MK, Armbruster AL, et al. 2023 ACC/AHA/ACCP/HRS guideline for the diagnosis and management of atrial fibrillation: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on clinical practice guidelines [J]. *Circulation*, 2024, 149(1):e1-e156.
- [21] Reddy VY, Gerstenfeld EP, Schmidt B, et al. Pulsed field ablation for persistent atrial fibrillation: 1-year results of ADVANTAGE AF [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2025, 85(17):1664-1678.
- [22] Reddy VY, Gerstenfeld EP, Schmidt B, et al. Pulsed field ablation of persistent atrial fibrillation with continuous electrocardiographic monitoring follow-up: ADVANTAGE AF phase 2 [J]. *Circulation*, 2025, 152(1):27-40.
- [23] Popa MA, Venier S, Menè R, et al. Characterization and clinical significance of hemolysis after pulsed field ablation for atrial fibrillation: results of a multicenter analysis [J]. *Circ Arrhythmia Electrophysiol*, 2024, 17(10):e012732.
- [24] Medi C, Evered L, Silbert B, et al. Subtle post-procedural cognitive dysfunction after atrial fibrillation ablation [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 62(6):531-539.
- [25] Bianchini L, Schiavone M, Vettor G, et al. Hybrid-convergent procedure or pulsed field ablation in long-standing persistent atrial fibrillation [J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2024, 10(7 Pt 2):1700-1710.
- [26] Chen S. Very high-power short duration 90 W/4 s (vHPSD) vs. vHPSD-combined ablation index-guided 50W ablation (hybrid) approach for pulmonary vein isolation in treating atrial fibrillation: have we found the best radiofrequency recipe? [J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2024, 67(7):1483-1485.
- [27] Noten AME, Romanov A, de Schouwer K, et al. Robotic magnetic navigation-guided catheter ablation establishes highly effective pulmonary vein isolation in patients with paroxysmal atrial fibrillation when compared to conventional ablation techniques [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2023, 34(12):2472-2483.
- [28] 刘晓宇, 郑杰, 李库林, 等. 心房颤动冷冻球囊消融与磁导航指导下消融放射暴露对比研究 [J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2023, 43(7):547-553.
- [29] Chen HH, Liu CM, Chang SL, et al. Automated extraction of left atrial volumes from two-dimensional computer tomography images using a deep learning technique [J]. *Int J Cardiol*, 2020, 316:272-278.
- [30] Liu X, Shen Y, Zhang S, et al. Segmentation of left atrium through combination of deep convolutional and recurrent neural networks [J]. *J Med Imaging Health Inform*, 2018, 8(8):1578-1584.
- [31] Tang S, Razeghi O, Kapoor R, et al. Machine learning-enabled multimodal fusion of intra-atrial and body surface signals in prediction of atrial fibrillation ablation outcomes [J]. *Circ Arrhythmia Electrophysiol*, 2022, 15(8):e010850.
- [32] Liu CM, Chang SL, Chen HH, et al. The clinical application of the deep learning technique for predicting trigger origins in patients with paroxysmal atrial fibrillation with catheter ablation [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2020, 13(11):e008518.

收稿日期:2025-04-01

本刊增加论著栏目的启事

本刊 2019 年起新增论著栏目,论著投稿注意事项如下。

1. 论著文章 6 000 字以内(包括摘要、图表及参考文献);论著采用结构式摘要(含目的、方法、结果和结论),摘要篇幅以 200~400 个汉字为宜,并有完整的英文(含文题、作者、单位、摘要和关键词);关键词以 3~8 个为宜;论著引用参考文献要求超过 20 条。

2. 论文如属国家自然科学基金项目或省、部级以上重点攻关课题,其他科研基金资助的项目,请在文稿首页脚注“基金项目:xxx 科研资助项目(编号)”,如获专利请注明专利号。本刊对重大研究成果、国家自然科学基金、卫生部科研基金、省科技厅项目,将优先发表。

3. 本刊已全部实行网上投稿,请通过《心血管病学进展》杂志的稿件远程处理系统投稿(登录 <http://xxgbxzz.paperopen.com> 后,点击“作者投稿”,在“作者投稿管理平台”中投稿)。网上投稿成功后还需报送以下材料:(1)稿件处理费 50 元(可通过手机银行转账)。(2)论文投送介绍信和著作权授权书(可发电子版):来稿需经作者单位审核,应注明对稿件的审评意见,无一稿多投等学术不端行为以及其他与国家有关法律法规相违背的问题,并加盖公章。如涉及保密问题,需附有关部门审查同意发表的证明。(3)若此项研究为基金项目者,需附基金批文复印件(可发电子版)。

本刊编辑部