

· 主题综述 ·

Liwen 术式治疗梗阻性肥厚型心肌病的新进展

雷常慧 王静 刘丽文

(空军军医大学第一附属医院超声医学科, 陕西 西安 710032)

【摘要】 肥厚型心肌病是最常见的遗传性心肌病,是青少年和运动员猝死的首要原因。对于药物难治的梗阻性肥厚型心肌病患者,指南建议行室间隔减容术。超声引导下经皮心肌内室间隔射频消融术(Liwen 术式)是由本中心原创的一种微创的室间隔减容术,现主要阐述 Liwen 术式治疗梗阻性肥厚型心肌病的研究进展,为肥厚型心肌病的治疗提供新思路 and 选择。

【关键词】 Liwen 术式;肥厚型心肌病;射频消融术

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2024.11.002

Liwen Procedure for Treatment of Hypertrophic Cardiomyopathy

LEI Changhui, WANG Jing, LIU Liwen

(Department of Ultrasound, The First Affiliated Hospital of Air Force Medical University, Xi'an 710032, Shaanxi, China)

【Abstract】 Hypertrophic cardiomyopathy is the most common genetic cardiomyopathy and the leading cause of sudden death in adolescents and athletes. Current guidelines recommend performing septal reduction therapy for patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy who have drug-refractory symptoms. Echocardiography-guided percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation (Liwen procedure) is a minimally invasive septal reduction therapy technique developed by our center for the treatment of hypertrophic cardiomyopathy. This article mainly elaborates on the research progress of Liwen procedure in the treatment of hypertrophic obstructive cardiomyopathy and provides new ideas and choices for the treatment of hypertrophic cardiomyopathy.

【Keywords】 Liwen procedure; Hypertrophic cardiomyopathy; Radiofrequency ablation

肥厚型心肌病(hypertrophic cardiomyopathy, HCM)是由于编码心肌肌小节相关蛋白基因致病性变异导致的或病因不明的以心肌肥厚为特征的原发性心肌病^[1-2],约 75% 的 HCM 存在动态左心室流出道(left ventricular outflow tract, LVOT)梗阻,称为梗阻性肥厚型心肌病(hypertrophic obstructive cardiomyopathy, HOCM),HOCM 不仅与呼吸困难、胸痛、乏力等临床症状相关,且远期预后差,解除流出道梗阻可改善临床症状及降低死亡率^[1-3]。对于标准化药物治疗效果不佳的 HOCM 患者,可进行室间隔减容术,以减轻患者的临床症状、改善预后。传统的室间隔减容术有外科室间隔切除术和室间隔酒精消融术^[1-2,4]。随着时代的进步和临床成果转化研究的进展,多种创新术式相继诞生,为 HCM 的治疗提供了更多的选择。

经皮心肌内室间隔射频消融术即 Liwen 术式,是由空军军医大学第一附属医院刘丽文教授团队国际首创,是继外科和心导管之外的一种心脏介入治疗的

新方法,指在超声实时引导下,将射频针经皮肤、肋间、心尖精准穿刺至室间隔心肌肥厚部位,通过射频电极针前端释放的高频交变电流使周围的心肌组织和区域血管发生不可逆的凝固性坏死,最终使室间隔厚度变薄、狭窄处内径增宽,从而改善患者临床症状,提高患者生活质量^[5-6]。现就 Liwen 术式治疗 HCM 的进展进行阐述,旨在为 HOCM 患者选择行 Liwen 术式提供更多理论参考依据。

1 Liwen 术式在动物实验中的前期探索

外科室间隔心肌切除术是治疗药物难治性 HOCM 患者的金标准^[1-2],但其技术难度高,创伤大,术后恢复慢,术后发生左束支传导阻滞风险相对较高^[7]。室间隔酒精消融术是被广泛采用的微创介入术式,但此方法依赖于冠状动脉解剖结构,有 5%~8% 的患者因间隔支走行异常无法行酒精消融术^[8],且术后发生完全性右束支传导阻滞的风险及起搏器依赖的风险相对较高^[9],能否有一种不开胸、不依赖冠状动脉解剖

基金项目: 国家自然科学基金(82071932,82230065,82272009);陕西省重点研发计划(2022KW-32);空军军医大学临床研究资助计划实施方案(2021XD010);空军军医大学凌云计划人才扶持计划(2020lyjhllw)

通信作者: 刘丽文, E-mail: liuliwen@fmmu.edu.cn

结构、不损伤传导束的微创术式?

2012 年,在超声介入与心脏造影的启发下,刘丽文教授团队开始着手研究 HCM 微创治疗新方法,并于 2013 年在国际上率先开展超声引导下经皮犬室间隔激光消融的动物实验研究^[10-11],证实了其短期安全性和有效性,标志着该方法由理论研究走向动物实验。随后,应用激光消融 10 只小尾寒羊的室间隔,证明激光消融的长期安全性及对室间隔减容的有效性^[12],但激光消融室间隔后消融灶内出现碳化,不利于消融热量的传导。同期本课题组探索经皮冷循环射频消融技术的安全性和有效性,冷循环可及时带走消融灶内过高热量,使消融灶不易碳化,热量能更有效地传导,消融效能显著,该技术已广泛应用于多脏器肿瘤的治疗^[13]。Liu 等^[14]应用 Liwen 术式减容 12 只小尾寒羊的室间隔,术后 1 年的随访表明,Liwen 术式可对室间隔进行精准消融,术后室间隔消融区厚度变薄,避免了主要传导组织的损伤,保留了左心室整体功能。前期动物实验探索表明 Liwen 术式可成为一种安全有效的室间隔微创减容术。

2 Liwen 术式治疗 HCM 的临床应用研究

2016 年,本团队创新采用在跳动的心脏上,开展超声引导下经皮经心尖穿刺抵达心肌的全新路径,开展国际首例 Liwen 术式治疗 HOCM,标志该方法正式走向临床研究。Liu 等^[15]首次报告了 1 例应用 Liwen 术式治疗 HOCM 的病例,术后 6 个月随访患者临床症状明显改善,左心室流出道峰值压差(left ventricular outflow tract pressure gradient, LVOT-PG)由术前的 88 mmHg(1 mmHg=0.133 3 kPa)降低至 10 mmHg,初步表明 Liwen 术式治疗 HOCM 是安全且有效的。之后 Liu 等^[6]对 15 例经 Liwen 术式治疗的 HOCM 患者进行了 6 个月短期随访,表明 Liwen 术式为经皮经心肌内直接消融肥厚的心肌靶区,其消融位置和范围可控,不损伤传导束,是改善临床症状安全、有效的方法。Zhou 等^[16]研究报告了 200 例接受 Liwen 术式患者的中期随访结果,平均随访时间为 19 个月。该研究是迄今为止报告的最大样本量的 Liwen 术式治疗 HOCM 患者的研究。该研究中 30 d 主要不良临床事件(包括死亡、急诊手术、需干预的严重心包积液、手术相关的出血和卒中)发生率为 10.5%,其中 2 例(1.0%)住院或术后 30 d 内死亡,7 例(3.5%)心包积液需小切口处理,12 例(6.0%)心包积液需行心包穿刺引流,无其他出血或卒中发生。其他围手术期并发症包括 5 例(2.5%)发生永久性右束支传导阻滞,2 例(1.0%)心室颤动后行心肺复苏,2 例(1.0%)发生间隔支动脉瘤,无一例行永久性起搏器植入。术后随访过程中,最大室间

隔厚度平均值从(24.0 ± 5.1) mm 减少至(17.3 ± 4.4) mm, LVOT-PG 平均值从(79.0 ± 53.0) mmHg 降低至(14.0 ± 24.0) mmHg,患者的纽约心功能分级为 I 级或 II 级。此研究结果再次证实,对于药物难治性 HOCM 患者,Liwen 术式可有效降低 LVOT-PG、显著改善患者临床症状并提高患者的生活质量。Xie 等^[17]的研究来自于另一个独立中心,该研究回顾了此中心 76 例经 Liwen 术式治疗的 HOCM 患者,无住院或 30 d 死亡,无左右束支传导阻滞,无永久性起搏器植入,6 例有心包积液,1 例出现心包压塞和心室颤动,1 例出现室间隔分支动脉瘤。这例室间隔分支动脉瘤患者采用线圈栓塞术治疗后恢复良好^[18]。该研究中中期随访结果表明,Liwen 术式能降低 HOCM 患者 LVOT 压差,有效改善临床症状,不良事件和并发症的发生率有限。Ta 等^[19]对 27 例接受 Liwen 术式治疗 HOCM 患者进行为期 5 年的长期随访研究表明,Liwen 术式具有改善 HOCM 患者远期临床症状与血流动力学的潜力。

HCM 与主动脉瓣狭窄两种疾病共存时患者主要不良心血管事件的发生率明显增高^[20]。研究^[21]表明有严重临床症状的 HOCM 患者伴有主动脉瓣中到重度狭窄时,建议行室间隔切除术的同时行主动脉瓣置换术。而随着微创治疗的发展,经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve replacement, TAVR)成为主动脉瓣狭窄的治疗新方法,但其无法同时经主动脉入路行室间隔减容,而 Liwen 术式为 TAVR 后患者解除 LVOT 梗阻提供了新思路。Li 等^[22]采用 TAVR 与 Liwen 术式联合治疗 1 例主动脉瓣狭窄合并 HOCM 的患者,结果表明术后 1 年, LVOT-PG 由术前的 93 mmHg 降至 5 mmHg,患者临床症状明显改善。Liu 等^[23]以 Liwen 术式治疗 1 例主动脉瓣机械瓣置换术后 3 个月仍有胸痛、心悸、气短等症状的患者, LVOT-PG 静息为 87 mmHg,术后 LVOT-PG 降至 18 mmHg,患者临床症状明显改善。

外科室间隔心肌切除术后仍有部分患者由于切除范围不足或合并其他疾病导致心肌肥厚,术后残存 LVOT 梗阻,往往需再次手术^[24]。此时无法二次开胸行室间隔切除,当患者存在传导阻滞时酒精消融术也不适应此类患者,Liwen 术式对此具有独特优势。Wang 等^[25]报告 Liwen 术式治疗 1 例 Morrow 术后仍存在残余流出道梗阻的矫正的大动脉转位 HOCM 患者,术前胸闷、气短伴先兆晕厥,合并心房颤动 5 年,室间隔厚度 26 mm,运动负荷最高压差 77 mmHg;心电图显示二度 I 型房室传导阻滞,完全性右束支传导阻滞,左前分支阻滞;术后 6 个月随访心电图提示完全性右束支传导阻滞、左前分支传导阻滞消失,患者流出道

梗阻消除,临床症状消失。Liwen 术式也可作为对酒精消融术失败的 HOCM 患者进行再次干预的新方法, Xu 等^[26]报告 Liwen 术式治疗 1 例酒精消融术后严重残余 LVOT 梗阻的 HOCM 患者,术后流出道压差下降且未出现相关并发症,截至 2024 年 7 月,本课题组治疗酒精消融术后残余 LVOT 梗阻的患者 20 例,随访结果表明该术式为酒精消融术后流出道压差无明显改善的患者提供了一种高效而安全的微创治疗手段^[27]。

3 多维度综合评估 Liwen 术式疗效

Liwen 作为一种新的术式,术后心脏电生理学、心肌机械力学、心肌微循环灌注及术后心肌组织的病理学多维度的综合评估,可为该术式的疗效及长期预后提供更全面的理论支持。

HCM 心电图异常包括胸前区导联 QRS 波振幅增高、ST 段和 T 波改变、病理性深 Q 波和窄 Q 波以及传导异常^[28]。Zuo 等^[29]探讨了 30 例 HOCM 患者在 Liwen 术后常规心电图的改变,结果表明术后 V₁、V₂ 导联 QRS 波振幅在随访期间明显降低。徐博等^[30]报告 1 例 HOCM 合并完全性右束支传导阻滞患者,经 Liwen 术式治疗 6 个月后完全性右束支传导阻滞消失。拓胜军等^[31]研究 35 例 HOCM 患者术前和术后 1 年 24 小时动态心电图的变化,表明 Liwen 术式治疗 HOCM 不增加术后短期心律失常风险。李莹等^[32]对 85 例行 Liwen 术式治疗的 HOCM 患者行术前和术后 1 年动态心电图观察,发现术后 HOCM 患者 Lown 分级明显改善。刘莎等^[33]通过观察 99 例 Liwen 术式治疗的 HOCM 患者的术后 1 周和 6 个月动态心电图,发现术后 1 周室性期前收缩总数增多,室性心律失常事件增多,8.1% 患者术后 1 周出现各种一过性传导阻滞和干扰性脱节及交界性心律,其原因可能与术后局部心肌水肿、坏死物质无菌性炎症反应有关,术后 6 个月机体心肌的损伤基本恢复,动态心电图中心率指标、室性心律失常参数、室上性心律失常参数较术前无统计学差异,且未发生短期心律失常风险。

心肌应变可反映心肌力学早期改变,HCM 患者早期整体及节段纵向应变减低,且与不良心血管结局相关^[34]。Qian 等^[35]应用二维斑点追踪技术评估 30 例 Liwen 术式治疗的 HOCM 患者,随访 1 年发现整体纵向应变从 $(12.52 \pm 4.33)\%$ 升高至 $(17.67 \pm 4.18)\%$,基底段、中段和心尖段的纵向应变也明显增加。Li 等^[36]采用三维斑点追踪技术评估 82 例 Liwen 术式治疗的 HOCM 患者,研究表明术后即刻消融段的径向和周向应变立即显著降低,而纵向应变无变化,1 年的随访结果表明消融节段的径向和周向应变恢复,左心室局部和整体纵向应变明显改善。

HCM 心肌微循环缺血是心肌纤维化、慢性心力衰竭、恶性心律失常以及猝死等不良结局的病理生理学基础^[37]。Yao 等^[38]采用心肌声学造影评估行 Liwen 术式治疗的 HOCM 患者,发现术后 6 个月室间隔及左心室游离壁心肌微循环血流速度和血流量均显著增加,心肌微循环灌注显著改善。

HCM 术前病理表现为心肌细胞肥大、排列紊乱、冠状动脉微血管管壁增厚、管腔狭窄等^[1-2,27]。韩超等^[39]通过 Liwen 术式心肌活检术获得 21 例 HOCM 患者射频消融术后心肌组织,研究发现术后心肌组织明显缩小、裂解,发生凝固性坏死,边界不清,胞核碎裂、消失,提示消融热效通过凝固性坏死使肥厚的心肌变薄,从而解除流出道梗阻,为 Liwen 术式治疗 HOCM 的原理提供了强有力的证据。

4 小结与展望

Liwen 术式治疗 HOCM 临床效果确切,具有较高安全性和有效性,并于 2023 年正式写入《中国成人肥厚型心肌病诊断与治疗指南 2023》,为 HCM 的治疗提供了新的选择。此外, Liwen 术式还应用于心肌活检和心脏肿瘤的治疗。目前为止本课题组已成功实施 73 例心肌活检和 16 例心脏肿瘤射频消融治疗, Liwen 术式心肌活检术可获得代表性的心肌组织且有助于 HCM 患者的病因学诊断, Liwen 术式有望为诸多无法接受外科切除的心脏肿瘤患者提供一种安全、有效、微创的新治疗方案,也有望为其他心脏疾病的介入治疗提供新路径。

利益冲突 所有作者均声明无利益冲突

参考文献

- [1] 国家心血管病中心心肌病专科联盟,中国医疗保健国际交流促进会心血管病精准医学分会“中国成人肥厚型心肌病诊断与治疗指南 2023”专家组. 中国成人肥厚型心肌病诊断与治疗指南 2023[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(1):1-33.
- [2] Ommen SR, Ho CY, Asif IM, et al. 2024 AHA/ACC/AMSSM/HRS/PACES/SCMR Guideline for the management of hypertrophic cardiomyopathy: a report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on clinical practice guidelines[J]. Circulation, 2024, 149(23):e1239-e1311.
- [3] Maron MS, Olivetto I, Zenovich AG, et al. Hypertrophic cardiomyopathy is predominantly a disease of left ventricular outflow tract obstruction[J]. Circulation, 2006, 114(21):2232-2239.
- [4] Nguyen A, Schaff HV, Hang D, et al. Surgical myectomy versus alcohol septal ablation for obstructive hypertrophic cardiomyopathy: a propensity score-matched cohort[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2019, 157(1):306-315.
- [5] 刘丽文,左蕾,周梦莹,等. 经胸超声心动图引导下经皮心肌内室间隔射频消融术治疗梗阻性肥厚型心肌病的安全性和有效性[J]. 中华心血管病杂志, 2019, 4(74):284-290.
- [6] Liu L, Li J, Zuo L, et al. Percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation for hypertrophic obstructive cardiomyopathy[J]. J Am Coll Cardiol, 2018, 7(216):1898-1909.
- [7] Talreja DR, Nishimura RA, Edwards WD, et al. Alcohol septal ablation versus

- surgical septal myectomy: comparison of effects on atrioventricular conduction tissue[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2004, 44(12):2329-2332.
- [8] Chan W, Williams L, Kotowycz MA, et al. Angiographic and echocardiographic correlates of suitable septal perforators for alcohol septal ablation in hypertrophic obstructive cardiomyopathy[J]. *Can J Cardiol*, 2014, 30(8):912-919.
- [9] Agarwal S, Tuzcu EM, Desai MY, et al. Updated meta-analysis of septal alcohol ablation versus myectomy for hypertrophic cardiomyopathy [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 55(8):823-834.
- [10] He G, Sun C, Zhang X, et al. Echocardiography-guided percutaneous per-ventricular laser ablation of ventricular septum; in vivo study in a canine model [J]. *Lasers Med Sci*, 2016, 31(4):645-651.
- [11] 张相空, 刘丽文, 孙超, 等. 超声引导激光消融犬室间隔的实验研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2015, 24(11):996-999.
- [12] Fu J, Sun C, Liu F, et al. Transthoracic echocardiography guided percutaneous laser ablation of the interventricular septum; a successful sheep model for septal thickness reduction and one year follow-up [J]. *Int J Cardiol*, 2019, 280(1):135-141.
- [13] Shi Y, Zhai B. A recent advance in image-guided locoregional therapy for hepatocellular carcinoma[J]. *Gastrointest Tumors*, 2016, 3(2):90-102.
- [14] Liu F, Fu J, Hsi D, et al. Percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation for interventricular septal reduction: an ovine model with 1-year outcomes[J]. *Cardiology*, 2020, 145(1):53-62.
- [15] Liu L, Liu B, Li J, et al. Percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation of hypertrophic obstructive cardiomyopathy: a novel minimally invasive treatment for reduction of outflow tract obstruction [J]. *EuroIntervention*, 2018, 13(18):e2112-e2113.
- [16] Zhou M, Ta S, Hahn RT, et al. Percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation in patients with drug-refractory hypertrophic obstructive cardiomyopathy[J]. *JAMA, Cardiol*, 2022, 7(5):529-538.
- [17] Xie X, Chen S, Cui Y, et al. Midterm outcomes of percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation for hypertrophic cardiomyopathy: a single-center, observational study[J]. *J Am Heart Assoc*, 2024, 13(15):e034080.
- [18] Wu B, Zhou Y, Lu J, et al. Interventricular septal hematoma caused by percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation successfully treated with coil embolization[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2023, 16(6):722-724.
- [19] Ta S, Li J, Hsi DH, et al. Percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation after 5-year follow-up[J]. *Heart*, 2024, 110(11):792-799.
- [20] Cui H, Schaff HV, Abel MD, et al. Left ventricular ejection hemodynamics before and after relief of outflow tract obstruction in patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy and valvular aortic stenosis[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 59(3):844-852.
- [21] Desai MY, Alashi A, Popovic ZB, et al. Outcomes in patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy and concomitant aortic stenosis undergoing surgical myectomy and aortic valve replacement [J]. *J Am Heart Assoc*, 2021, 10(18):e018435.
- [22] Li Y, Feng Y, Li X, et al. Case report: minimally invasive therapy by transcatheter aortic valve replacement and percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation for a patient with aortic stenosis combined with hypertrophic obstructive cardiomyopathy: two-year follow-up results [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2021, 8:735219.
- [23] Liu L, Zhou M, Zuo L, et al. Echocardiography guided Liwen procedure™ for the treatment of obstructive hypertrophic cardiomyopathy in a patient with prior aortic valve replacement surgery: Liwen procedure for intra-myocardial radiofrequency ablation[J]. *Echocardiography*, 2018, 35(8):1230-1232.
- [24] Cho YH, Quintana E, Schaff HV, et al. Residual and recurrent gradients after septal myectomy for hypertrophic cardiomyopathy mechanisms of obstruction and outcomes of reoperation[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 148(3):909-915.
- [25] Wang H, Lei C, Liu L. A case report of percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation in an adult with re-obstruction after Morrow procedure [J]. *Eur Heart J Case Rep*, 2024, 8(4):ytac145.
- [26] Xu Y, Yu TY, Pu ZX. Percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation relieving residual left ventricular outflow tract obstruction following alcohol septal ablation[J]. *CASE (Phila)*, 2022, 6(7):340-343.
- [27] 刘丽文. Liwen 术式治疗肥厚型心肌病:从基础到临床应用实践[M]. 北京: 科学出版社, 2021.
- [28] Savage DD, Seides SF, Clark CE, et al. Electrocardiographic findings in patients with obstructive and nonobstructive hypertrophic cardiomyopathy [J]. *Circulation*, 1978, 58(3 Pt 1):402-408.
- [29] Zuo L, Hsi DH, Zhang L, et al. Electrocardiographic QRS voltage amplitude improvement by intramyocardial radiofrequency ablation in patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy and one year follow up [J]. *J Electrocardiol*, 2020, 61:164-169.
- [30] 徐博, 刘金成, 李静, 等. Liwen 术式治疗肥厚型心肌病合并完全性右束支传导阻滞的临床研究[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2020, 17(5):421-426.
- [31] 拓胜军, 刘丽文, 周梦垚, 等. 超声引导下经皮心肌内室间隔射频消融术治疗梗阻性肥厚型心肌病不增加心律失常风险:小样本一年随访研究[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2020, 17(5):416-420.
- [32] 李莹, 拓胜军, 王静, 等. 超声引导下经皮心肌内室间隔射频消融术治疗梗阻性肥厚型心肌病对 Lown 分级的影响[J]. *中华超声影像学杂志*, 2023, 32(4):288-294.
- [33] 刘莎, 马志玲, 邵虹, 等. 经皮心肌内室间隔射频消融术治疗梗阻性肥厚型心肌病术后心电的变化[J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2024, 38(2):100-104.
- [34] Lee HJ, Kim HK, Lee SC, et al. Supplementary role of left ventricular global longitudinal strain for predicting sudden cardiac death in hypertrophic cardiomyopathy[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2022, 23(8):1108-1116.
- [35] Qian D, Zhou X, Liu H, et al. Clinical value of 2D speckle tracking imaging in evaluating the effect of percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation in patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy [J]. *J Clin Ultrasound*, 2021, 49(6):554-562.
- [36] Li J, Zhang J, Shi Y, et al. Myocardial mechanics of percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation [J]. *Heart*, 2023, 109(4):289-296.
- [37] Konst RE, Guzik TJ, Kaski JC, et al. The pathogenic role of coronary microvascular dysfunction in the setting of other cardiac or systemic conditions [J]. *Cardiovasc Res*, 2020, 116(4):817-828.
- [38] Yao L, Ta S, Wang J, et al. Myocardial perfusion improvement and mechanism after percutaneous intramyocardial septal radiofrequency ablation in obstructive hypertrophic cardiomyopathy: a study of myocardial contrast echocardiography [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2024, 40(7):1483-1492.
- [39] 韩超, 周梦垚, 吴剑锋, 等. Liwen 术式心肌活检:通过新的活检方式获得的 HCM 患者心肌标本的代表性及其病因学诊断价值[J]. *中华心血管病杂志*, 2022, 50(4):361-368.

收稿日期:2024-08-10