

• 论著 • 技术与方法 •

# 全胸腔镜经二尖瓣行室间隔心肌切除术治疗 室间隔酒精消融术后复发左室流出道梗阻



魏培坚<sup>1,2</sup>, 吴宏祥<sup>1</sup>, 谭桐<sup>1,2</sup>, 邱海龙<sup>1,3</sup>, 徐小维<sup>3</sup>, 朱伟<sup>4</sup>, 鹿冠玉<sup>2,5</sup>, 庄建<sup>1,3</sup>, 刘健<sup>1,3</sup>, 郭惠明<sup>1,3</sup>

1. 广东省人民医院 广东省医学科学院 广东省心血管病研究所 心外科 (广州 510080)
2. 汕头大学医学院 (广东汕头 515041)
3. 广东省人民医院 广东省医学科学院 广东省华南结构性心脏病重点实验室 心血管人工智能与三维技术实验室 (广州 510080)
4. 广东省人民医院 广东省医学科学院 广东省心血管病研究所 成人超声科 (广州 510080)
5. 广东省人民医院 广东省医学科学院 影像科 (广州 510080)

**【摘要】 目的** 初步探讨全胸腔镜经二尖瓣室间隔心肌切除术治疗室间隔酒精消融术后复发左室流出道梗阻的手术策略及临床疗效。**方法** 回顾性分析广东省人民医院心外科 2020 年 7 月至 2021 年 7 月因室间隔酒精消融术后复发左室流出道梗阻的 2 例患者临床资料, 均为女性, 年龄分别为 62 和 64 岁, 术前均进行了超声、心脏 MRI、心脏 CT、3D 打印建模与打印技术的评估, 并根据多模态影像学评估制定个性化手术策略, 于数字模型上进行可视化探查并在打印模型上进行模拟手术切除, 再行全胸腔镜经二尖瓣室间隔心肌切除术。**结果** 2 例患者均成功接受全胸腔镜经二尖瓣室间隔心肌切除术, 主动脉阻断时间分别为 96 min 和 85 min, 术后左室流出道梗阻即刻解除 (左室流出道峰值压差分别由 100 mmHg 降至 4 mmHg 和由 84 mmHg 降至 6 mmHg), 二尖瓣反流消失明显改善。2 例患者均无出现 III 度房室传导阻滞, 无需植入永久起搏器, 且顺利出院, 无术后并发症发生。**结论** 对室间隔酒精消融术后复发左室流出道梗阻的患者, 结合多模态影像学评估及 3D 建模与打印技术的个性化全胸腔镜经二尖瓣室间隔心肌切除术临床效果良好, 能准确切除肥厚室间隔心肌, 同时避免如室间隔穿孔或 III 度房室传导阻滞等严重并发症。

**【关键词】** 全胸腔镜; 室间隔心肌切除术; 室间隔酒精消融术; 左室流出道残余梗阻; 3D 打印

## Totally endoscopic transmitral septal myectomy for the treatment of recurrent left ventricular outflow tract obstruction after septal alcohol ablation

WEI Peijian<sup>1,2</sup>, WU Hongxiang<sup>1</sup>, TAN Tong<sup>1,2</sup>, QIU Hailong<sup>1,3</sup>, XU Xiaowei<sup>3</sup>, ZHU Wei<sup>4</sup>, LU Guanyu<sup>2,5</sup>, ZHUANG Jian<sup>1,3</sup>, LIU Jian<sup>1,3</sup>, GUO Huiming<sup>1,3</sup>

1. Department of Cardiovascular Surgery, Guangdong Provincial People's Hospital, Guangdong Academy of Medical Sciences, Guangdong Cardiovascular Institute, Guangzhou, 510080, P.R.China
2. Shantou University Medical College, Shantou, 515041, Guangdong, P.R.China
3. Laboratory of Artificial Intelligence and 3D Technologies for Cardiovascular Diseases, Guangdong Provincial Key Laboratory of South China Structural Heart Disease, Guangdong Provincial People's Hospital, Guangdong Academy of Medical Sciences, Guangzhou, 510080, P.R.China
4. Department of Adult Cardiac Ultrasound Medicine, Guangdong Provincial People's Hospital, Guangdong Academy of Medical Sciences, Guangdong Cardiovascular Institute, Guangzhou, 510080, P.R.China
5. Department of Radiology, Guangdong Provincial People's Hospital, Guangdong Academy of Medical Sciences, Guangzhou, 510080, P.R.China

Corresponding authors: LIU Jian, Email: jianliu\_gdpph@sina.com; GUO Huiming, Email: guohuiming@gdph.org.cn

**【Abstract】 Objective** To discuss the operative strategies and clinical effects of transmitral extended myectomy for the treatment of recurrent left ventricular outflow tract obstruction (LVOTO) after septal alcohol ablation.

DOI: 10.7507/1007-4848.202108022

基金项目: 广东省登峰计划项目 (DFJH2019; DFJH201802); 广东省科技计划项目 (2019B020230003; 2018B090944002); 广东省人民医院心血管专项 (2020XXG010)

通信作者: 郭惠明, Email: guohuiming@gdph.org.cn; 刘健, Email: jianliu\_gdpph@sina.com

**Methods** The clinical data of 2 patients (female, aged 62 and 64 years) with recurrent left ventricular outflow tract obstruction after alcohol septal ablation from July 2020 to July 2021 in the Department of Cardiac Surgery, Guangdong Provincial People's Hospital were retrospectively analyzed. Patients were preoperatively evaluated by ultrasound, cardiac magnetic resonance imaging, cardiac computed tomography, 3D modelling and printing technology. A personalized surgical strategy was preoperatively developed according to multimodality imaging assessment while visual exploration was performed on the digital model and simulated surgical resection was performed on the printed model. **Results**

Totally endoscopic transmitral extended myectomy was successfully performed in both patients with aortic cross-clamp time of 96 min and 85 min, respectively. LVOTO was relieved immediately (subaortic peak pressure gradient decreased from 100 mmHg to 4 mmHg and from 84 mmHg to 6 mmHg, respectively) and the mitral regurgitation significantly improved after the procedure. None of the two patients had complete atrioventricular block or required permanent pacemaker implantation. And the patients were discharged uneventfully without postoperative complications. **Conclusion**

For patients with recurrent LVOTO after alcohol septal ablation, the clinical effect of personalized totally endoscopic extended transmitral myectomy using multimodality imaging assessment, 3D modeling and printing technology is good. The procedure can precisely resect the hypertrophic septal myocardium while avoiding serious complications such as septal perforation or complete atrioventricular block.

**【Key words】** Totally endoscopic; septal myectomy; alcohol septal ablation; residual left ventricular outflow tract obstruction.; \$keyword.keyword\_en

**Foundation items:** Guangdong peak project (DFJH2019; DFJH201802); Science and Technology Planning Project of Guangdong Province (2019B020230003; 2018B090944002); Cardiovascular Special Project of Guangdong Provincial People's Hospital (2020XXG010)

肥厚型心肌病 (Hypertrophy Cardiomyopathy, HCM) 是指一种以心肌肥厚为特征的最常见遗传性心血管疾病, 其发病率为 1/200 ~ 1/500<sup>[1]</sup>, 我国成人 HCM 患者估计超过 100 万<sup>[2]</sup>。超过 70% 的 HCM 患者在激发试验或静息下存在左室流出道梗阻 (left ventricular outflow tract obstruction, LVOTO)<sup>[3]</sup>, 常称为梗阻性肥厚型心肌病 (hypertrophic obstructive cardiomyopathy, HOCM)。而对于经最大剂量药物治疗后仍存在显著症状的 HOCM 患者, 室间隔心肌切除术是标准的治疗方法, 其开展历史超过 60 年, 目前报道的手术死亡率 <1%, 手术成功率为 90% ~ 95%<sup>[3-5]</sup>。

而随着技术的提高与发展, 室间隔酒精消融术 (alcohol septal ablation, ASA) 目前也成为有效的治疗方法之一。据报道 ASA 术后的血流动力学成功率为 70%, 严重症状复发率为 20%<sup>[6]</sup>, 术后容易导致完全性右束支传导阻滞 (right bundle branch block, RBBB)。多项研究数据显示, ASA 术后有 7% ~ 20% 的患者需要再次行 ASA 或室间隔心肌切除术<sup>[7-9]</sup>。而 ASA 增加了室间隔心肌切除术的手术难度, 术前存在的 RBBB 极易导致术后 III 度房室阻滞 (atrioventricular block, AVB), 但目前的关于 ASA 术后残余 LVOTO 的相关临床报告有限。本团队通过多模态影像学评估及 3D 建模与打印技术辅助, 采用全腔镜经二尖瓣入路行室间隔心肌切除术

治疗 ASA 术后残余梗阻, 在此进行报道。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

纳入广东省人民医院心外科 2020 年 7 月至 2021 年 7 月因室间隔酒精消融后复 LVOTO 的 2 例患者。纳入标准: (1) 入院超声心动图明确室间隔厚度  $\geq 15$  mm, 排除继发性肥厚; (2) 入院超声心动图测量静息状态或激发试验下左室流出道峰值压差  $> 50$  mm Hg (1 mm Hg = 0.133 kPa); (3) 既往行室间隔酒精消融术; (4) 最大剂量药物治疗下仍不能缓解症状, 美国纽约心脏病协会 (New York Heart Association, NYHA) 心功能 III 级或 IV 级; (5) 除外其它手术禁忌证; (6) 已签署知情同意书。排除标准: (1) 合并有需同期处理的心血管疾病, 如主动脉瓣狭窄和冠状动脉狭窄等; (2) 终末期心力衰竭患者; (3) 胸廓畸形, 如漏斗胸; (4) 严重血管病变, 如股动脉、髂动脉或腹主动脉疾病等。

### 1.2 术前评估

超声心动图检查: (1) 于左心室两腔心短轴切面自基底至心尖方向依次测量舒张末期左心室心肌各节段室壁厚度, 参考美国心脏协会 (AHA) 左心室室壁 17 节段划分方法<sup>[10]</sup>, 主要包括前间隔、后间隔及左室后壁等; (2) 于心尖五腔心切面采用标

准脉冲多普勒评估左室流出道血流速度(v), 并利用伯努利方程(压力阶差=4v<sup>2</sup>)计算左室流出道峰值压差及平均压差; (3) 采用彩色多普勒于各标准切面明确主动脉瓣、二尖瓣、三尖瓣等瓣叶功能, 确定是否存在二尖瓣前叶收缩期前向运动(systolic anterior motion, SAM)以及二尖瓣瓣下装置异常(乳头肌移位、肥厚、异常连接等)。

心脏磁共振成像(MRI): (1) 在获得横断位、冠状位及矢状位定位像的基础上确定左心室四腔心切面、短轴切面、左室流出道切面及两腔心切面, 其中短轴切面为自心尖至二尖瓣水平的连续切面, 并由短轴切面测量舒张末期左心室心肌各节段室壁厚度; (2) 利用钆对比剂延迟增强扫描, 进一步识别及评估左心室结构及心肌纤维化。

心脏CT: 选择心电门控模式对患者依次展开动脉期和延迟强化扫描, 并将数据分别以B26f、B10f算法重建, 以0%~90%的10期重建心动周期数据传输至后处理工作站。数据传入后, 利用软件对心脏内各结构进行评价, 包括左心室结构评价(心室肥厚类型、室壁厚度测量等)、识别各瓣膜瓣环的钙化和识别冠状动脉的狭窄和起源异常等。

3D建模与打印技术: 将获得的患者舒张末期CT延迟强化扫描数据导入Mimics 23.0软件(Materialize NV, Leuven, Belgium), 通过图像分割、蒙版编辑等软件操作进一步得到患者的3D数字模型。随后将数字模型以STL格式导出至打印设备进行打印, 便可得到患者1:1实体打印心脏模型。在心脏数字模型上, 利用Reslice Objects创建左心室长轴四腔心切面, 并依次在自心尖至基底部的左心室两腔心短轴切面上对各节段心肌室壁进行连续测量, 并利用3D视图对肥厚室间隔心肌、二尖瓣及瓣下装置等心内结构进行可视化。同

时利用数字模型可任意旋转切割的特性进行可视化探查, 在结合多模态影像学评估信息后, 进一步制定手术策略, 并利用数字模型将预计切除的心肌范围进行标记。最后术者依照手术策略在打印心脏模型上进行模拟手术切除。

### 1.3 手术策略

病例1: 入院超声心动图显示, 二尖瓣后瓣环钙化, 前后缘对合高度1.0 cm, 收缩期见收缩期前向运动(systolic anterior motion, SAM)征, 前叶与室间隔接触点距主动脉瓣下约1.3 cm。左心室室间隔非对称性肥厚, 室间隔基部心肌消融局部回声增强(消融后改变)。左心室内、外组乳头肌异常肥厚, 与室间隔中段共同造成左室中部狭窄。室间隔短轴切面示, 基底段: 前间隔(A2)10 mm, 前间隔(前交界)17 mm, 后间隔11 mm; 中间段: 前间隔(A2)18 mm, 前间隔(前交界)17 mm, 后间隔17 mm(图1)。心脏MRI可见明显变薄的基底部室间隔心肌, 消融梗死灶主要位于基底部前间隔(图2)。基于增强CT舒张末期图像的3D数字模型提示, 基底部: 前间隔(前交界)16 mm, 前间隔(A2)11 mm, 后间隔11 mm; 中间部: 前间隔(前交界)20 mm, 前间隔(A2)18 mm, 后间隔17 mm。于数字模型上进行可视化探查, 明确LVOTO由两组肥厚的前后乳头肌及心室中部肥厚的室间隔心肌造成, 且可见大量异常肌束连接(图3)。在多模态影像学评估后认为, 本例患者主要为中部室间隔心肌轻度肥厚, 联合肥厚的前后乳头肌共同占据左室流出道, 进而造成梗阻。但由于患者术前的心电图提示RBBB, 而扩大室间隔心肌切除术常导致新发左束支传导阻滞(left bundle branch block, LBBB), 如对本例患者同时切除心室中部的前间隔和后间隔, 极易导致LBBB, 进而导致Ⅲ度AVB, 影

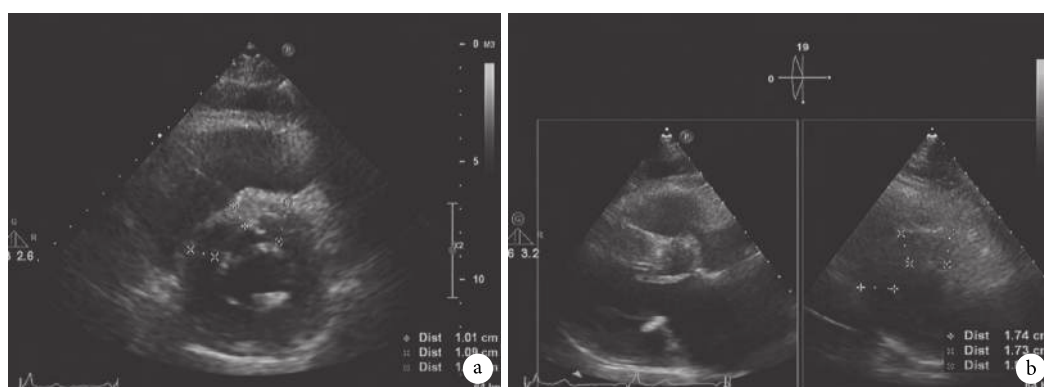


图1 病例1的经胸超声心动图

a: 左心室短轴切面基底段层面, 可见前间隔(A2)10 mm, 前间隔(前交界)17 mm, 后间隔11 mm; b: 左心室短轴切面中间段层面, 可见前间隔(A2)18 mm, 前间隔(前交界)17 mm, 后间隔17 mm



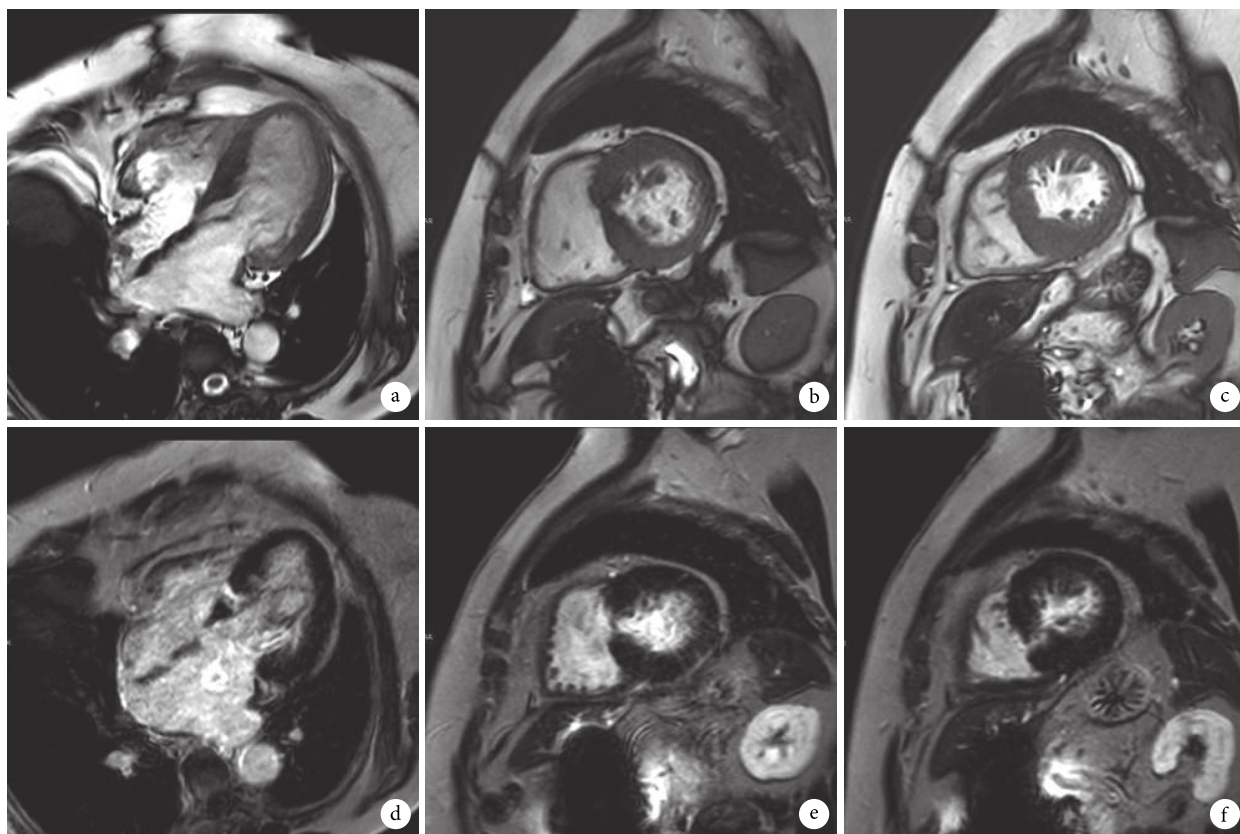


图2 病例1的心脏磁共振成像

a: 左心室长轴四腔心切面; b: 左心室短轴两腔心切面基底层面; c: 左心室短轴两腔心切面中部层面; d~f: 分别为延迟强化期(a~c)的对应切面

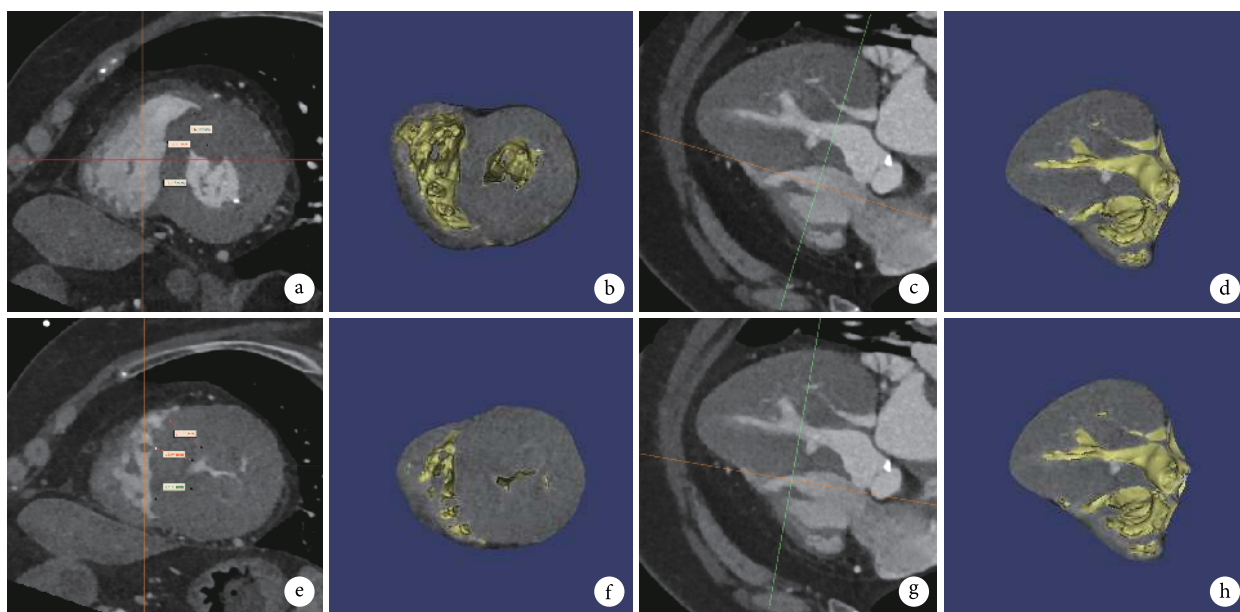


图3 病例1的基于增强CT舒张末期图像的3D数字模型

a~b: 基底部左心室短轴两腔心切面, 可见前间隔(交界)明显增厚、前间隔(A2)稍增厚、后间隔厚度正常; c~d: 左心室长轴四腔心切面, 可见肥厚的前后组乳头肌及心室中部室间隔共同造成LVOTO, 中部室间隔可见消融后改变, 绿色线指示; e~f: 中间部左心室短轴两腔心切面, 可见肥厚的前、后间隔, 以及特别肥厚的前后两组乳头肌; g~h: 左心室长轴四腔心切面, 绿色线指示; b、d、f、h分别为a、c、e、g的数字模型视图, 可通过结合上下层面心脏结构的变化以及整体心脏数字模型的形状辅助识别内心结构, 以准确测量室间隔厚度

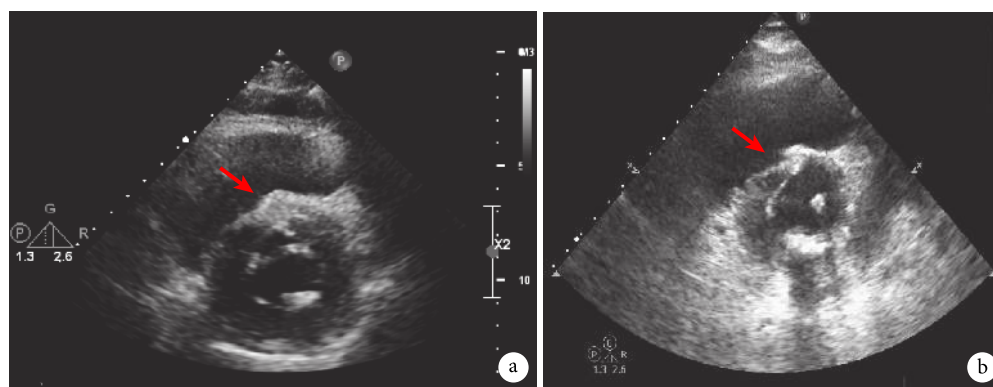


图4 病例1的术前和术后超声心动图

a: 术前超声心动图; b: 术后超声心动图; 左心室短轴切面中间段层面, 红色箭头指示前间隔, 可见明显的切迹

响患者的远期生存率。故计划不处理后间隔, 从基底部前间隔及前交界开始少量切除心肌, 至可见范围连续的透壁消融灶时逐渐往心尖方向加大切除厚度, 切除最厚的位置为室腔中部的间隔 (切除 0.7 cm), 随后对前后两组肥厚乳头肌进行削减松解, 切除异常的肌束。

病例2: 入院超声心动图示: 明显 SAM 征, 主动脉瓣下前间隔基底段 (A2) 局部变薄, 厚约 1.0 cm, 其余室间隔明显增厚, 最厚约 2.2 cm, 致左室腔中部血流纤细, 室壁搏动好。心脏 MRI 显示, 基底段: 前间隔 (A2) 12 mm, 前间隔 (前交界) 16 mm, 后间隔 15 mm; 中间部层面: 前间隔 (A2) 19 mm, 后间隔 19 mm; 消融梗死灶局限于基底部前间隔处, 可指示术中切除心肌范围的边界。基于增强 CT 舒张末期图像的 3D 数字模型显示, 基底部: 前间隔 (前交界) 16 mm, 前间隔 (A2) 12 mm, 后间隔 14 mm; 中间部: 前间隔 (前交界) 20 mm, 前间隔 (A2) 19 mm, 后间隔 19 mm (图 6)。于数字模型上进行可视化探查, 明确本例患者主要为基底部前间隔 (前交界处) 及中间部肥厚, 在切除过程中应避免切除基底部前间隔 (A2), 容易造成室间隔穿孔 (图 6)。故制定手术策略: 拟基底部仅切除前交界处肥厚心肌, 切除厚度 0.4 cm。在向下切除至中部的过程, 向 A2 方向扩大切除肥厚前间隔心肌, 切除厚度 1 cm, 并继续向心尖方向延伸, 不处理后间隔肥厚心肌。本例中患者消融灶位于基底部前间隔, 且厚度较薄, 在手术切除中可作为手术切除范围边界的参考, 不可对消融灶位置心肌进行切除。

#### 1.4 手术方法

患者取仰卧位, 右侧肢体置乳胶垫垫高 15°~30°, 右上肢抬高并固定于头侧。全身静脉吸入复合麻醉, 双腔气管插管。常规放置经食管超声探

头, 于术前行经食管超声心动图检查, 再次确认 LVOTO 机制、SAM 征以及瓣膜功能。股动脉、股静脉联合右颈内静脉插管建立体外循环。于第 4 肋间右锁骨中线外做一 4 cm 的主操作孔切口, 第 4 肋间腋中线做一 1.5 cm 的辅助孔切口。避开膈神经后切开心包, 插入灌注针后经辅助孔用 Chitwood 阻断钳阻断主动脉。灌注停跳液后切开房间沟显露二尖瓣, 利用经皮左房拉钩向上牵拉进一步增加暴露, 随后对二尖瓣及其瓣下装置进行探查, 明确是否存在器质性病变 (瓣叶冗余、脱垂、增厚等), 如术前经胸及经食管超声证实存在二尖瓣反流, 则利用打水试验及 Carpentier 分型进行瓣膜分析, 评估行二尖瓣成形术解决反流的可行性。胸腔镜下利用纸尺测量二尖瓣前叶 A2 的长度, 作为后续是否行前叶补片扩大术的参考。

对于无瓣膜病变或二尖瓣成形术可行的患者, 用尖刀于距二尖瓣瓣环 2 mm 左右的位置切开二尖瓣前叶, 向左右分别扩大切口至前后交界, 并用 5-0 Prolene 线将切口的前叶缝至二尖瓣后瓣上方的心肌处以进一步增加心室腔内的暴露。依次探查前后乳头肌、异常肌束连接以及主动脉右冠窦等, 利用美蓝沿右冠窦中点对着的室间隔心肌自基底部向心尖方向做标记, 辅助识别切除心肌范围边界。而切除心肌范围以及厚度主要依据术前制定的切除策略进行。在切除肥厚室间隔心肌后, 视二尖瓣瓣下情况对前后乳头肌进行松解, 切除连接至二尖瓣装置或室间隔的异常肌束连接。随后以生理盐水反复冲洗左室腔, 确保没有残留切除心肌碎屑。直接连续缝合二尖瓣前叶至瓣环处, 如二尖瓣前叶长度太短则取合适长度的心包补片行前叶补片扩大, 再行打水试验, 再次检查瓣叶功能, 如有反流则视实际情况行二尖瓣成形术 (矩形切除、前叶补片扩大、成形环等)。



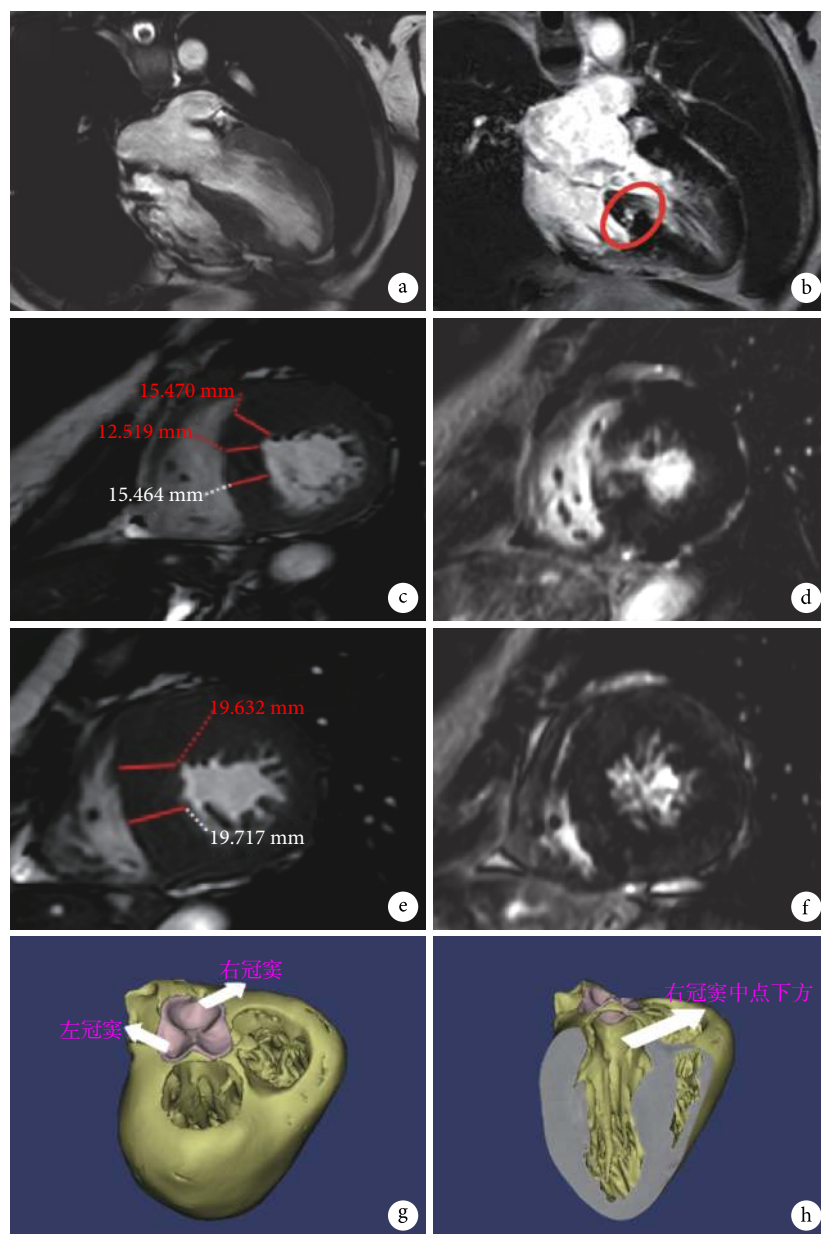


图5 病例2的心脏磁共振成像和基于增强CT舒张末期图像的3D数字模型

a~b: 左心室长轴切面及切面的延迟强化期; c~d: 基底部左心室短轴两腔心切面及切面的延迟强化期: 前间隔(A2) 12 mm, 前间隔(前交界) 16 mm, 后间隔 15 mm; e~f: 中部左心室短轴两腔心切面及切面的延迟强化期: 前间隔(A2) 19 mm, 后间隔 19 mm; g: 数字模型中模拟手术中二尖瓣视角对室间隔心肌及瓣下装置(去除二尖瓣瓣叶), 可利用软件进行多角度旋转探查; h: 取二尖瓣前、后交界及心尖三点做一切面, 更直观地查看心内结构

对于器质性病变严重、无成形机会、拟行二尖瓣置换术的患者, 则直接切除前后瓣叶以及部分乳头肌, 彻底暴露室间隔及瓣下装置。再以上述手术方法行室间隔心肌切除术, 随后行二尖瓣置换术。缝合左心房切口, 膨肺同时进行左心排气, 开放主动脉后心脏复跳。在心脏复苏过程中逐渐减流量, 待收缩压 $\geq 100$  mm Hg 后, 通过经食管超声心动图评估左室流出道峰值压差、SAM 征及二尖瓣反流。术后左室流出道峰值压差 $< 30$  mm Hg 视为LVOTO 解除, 如手术效果满意, 则在检查无活动

性出血后间断缝合心包, 对各切口进行电凝止血。复温, 撤除体外循环, 双肺同期, 留置1根胸腔引流管后逐层关胸; 见图6~7。

### 1.5 伦理审查

本研究经广东省人民医院(广东省医学科学院)医学伦理委员会批准, 批准号: 2020-296H-3。患者及家属术前均已知晓全胸腔镜经二尖瓣室间隔心肌切除术的获益及并发症等风险, 并签署知情同意书。

## 2 结果

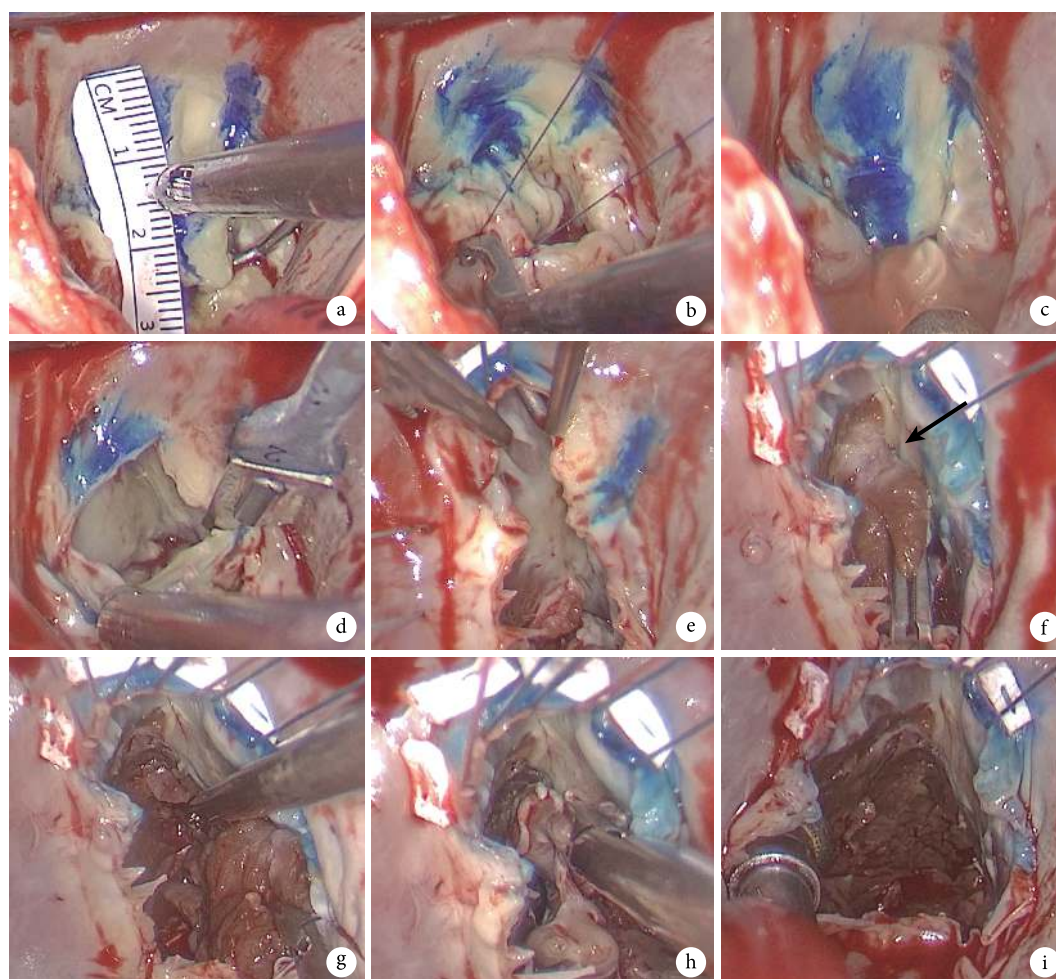


图6 病例1简要手术步骤

a: 腔镜下纸尺, 测量 A2 长度; b: 缝合 P1、P2, 尝试二尖瓣成形术; c: 行打水试验, 二尖瓣仍有大量反流; d: 同期行二尖瓣置换术, 切除二尖瓣瓣叶及前后乳头肌; e: 探查主动脉瓣右冠瓣及室间隔心肌等心肌结构; f: 美蓝标记主动脉瓣右冠瓣中点所对室间隔心肌, 用 5-0 Prolene 线缝合悬吊该处心肌进行切除, 切除过程中可见明显的酒精消融后心肌改变(黑色箭头), 可用于指示切除厚度; g: 在消融灶以下位置切除室腔中部前间隔处肥厚心肌时逐渐加大切除厚度, 向心尖延伸; h: 进一步松解切除肥厚的乳头肌残端, 切除异常连接的肌束; i: 左室流出道通畅可见心尖, 随后进行二尖瓣置换术

2020 年 7 月至 2021 年 7 月, 共 2 例患者因 ASA 术后复发左室流出道梗阻于我院行全胸腔镜经二尖瓣室间隔心肌切除术, 基线资料详见表 1。2 例患者均顺利完成手术, 无中转正中开胸, 体外循环时间分别为 142 min 和 138 min, 主动脉阻断时间分别为 96 min 和 85 min, 均成功疏通 LVOTO (左室流出道峰值压差分别由 100 mm Hg 和 84 mm Hg 降至 4 mm Hg 和 6 mm Hg)。2 例患者术后心电图示新发左前分支阻滞, 均无出现Ⅲ度房室传导阻滞, 无需植入永久起搏器。2 例患者均顺利出院, 无术后并发症发生(如室间隔穿孔、低心排量综合征、再次开胸等)。

### 3 讨论

对于药物治疗无效伴严重症状的 HOCM 患者, 室间隔减容治疗一直以来都是标准的治疗方

法, 其包括室间隔心肌切除术和室间隔酒精消融术。根据 2020 年 AHA 指南, 对于有外科手术禁忌症或高危的 HOCM 患者, 推荐在有经验的中心接受 ASA 治疗<sup>[11]</sup>。事实上, 自 1995 年 Sigwart 等<sup>[12]</sup>首次报道 ASA 治疗 LVOTO 以来, 随着技术的提高, ASA 因避免外科手术的优点愈来愈受欢迎。尤其在欧洲, ASA 的年手术量已超过外科手术量<sup>[13]</sup>, 我国目前也已有超过 20 个省市自治区的百余家医院成功开展 ASA<sup>[14]</sup>。

据报道 ASA 术后的血流动力学成功率为 70%, 严重症状复发率为 20%<sup>[6]</sup>。目前最新的注册登记研究<sup>[15-16]</sup>表明, ASA 术后因严重症状或复发 LVOTO 需要再次接受室间隔减容治疗的患者比例约为 15%~18%。ASA 术后复发病状或 LVOTO 的原因包括患者选择不当(二尖瓣瓣下装置异常、重度室间隔心肌肥厚)、酒精消融梗死灶范围的不可



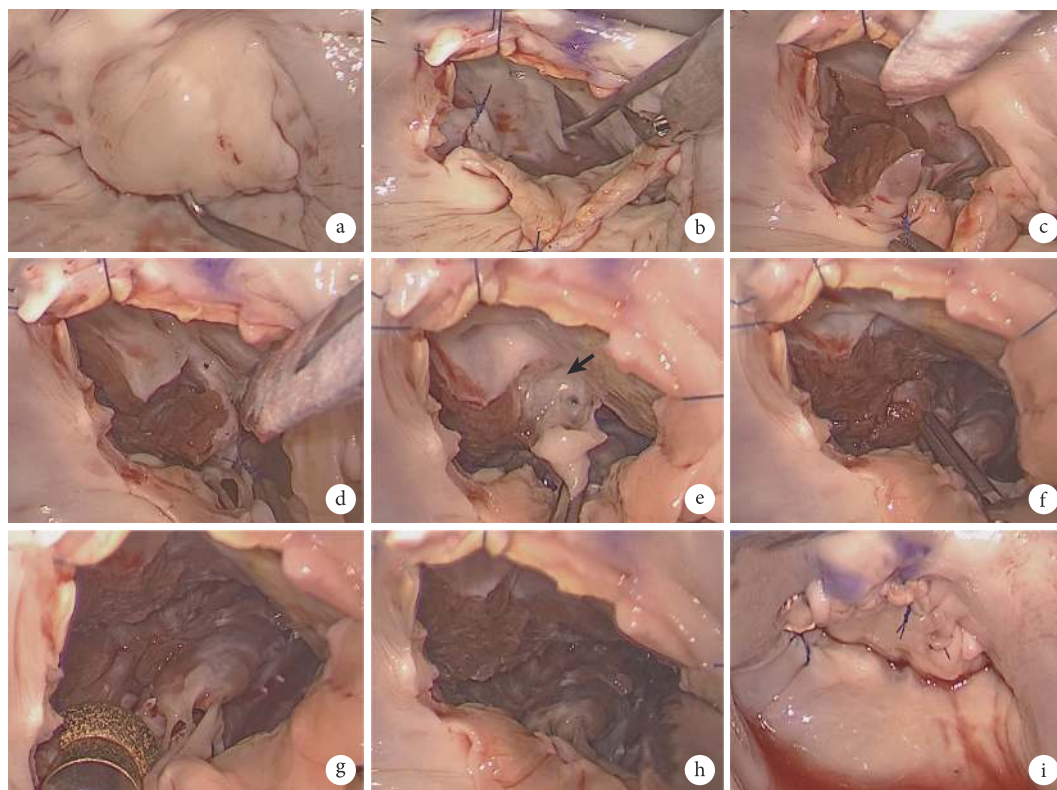


图7 病例2简要手术步骤

a: 腔镜下探查二尖瓣及瓣下装置, 预估对合面积足够, 可行二尖瓣成形术; b: 切开二尖瓣前瓣, 并用 5-0 Prolene 线将瓣叶悬吊于心房组织, 增加暴露后进一步探查主动脉瓣及乳头肌等; c: 避开前间隔, 于基底部分切除前交界处肥厚心肌; d: 5-0 Prolene 缝合线于胸腔中部前间隔, 提吊下往心尖方向切除肥厚心肌; e: 在向基底部分扩大时可见明显酒精消融灶(黑色箭头处), 依术前多模态影像学分析, 消融灶处心肌厚度较薄, 遂仅切除表面增厚的内膜后停止向基底部分扩大; f: 测量已切除的中部前间隔心肌厚度为 0.5 cm, 遂于中部前间隔进行补充加厚切除; g: 补充切除后左室流出道通畅, 可见乳头肌根部; h: 吸引头可达心尖; i: 冲洗室腔后将二尖瓣前叶与瓣环缘缝合, 打水试验检查瓣叶功能和反流情况

控、无法处理纤维化心肌等<sup>[17]</sup>。而室间隔心肌切除术是 ASA 术后复发 LVOTO 的重要治疗方法, ASA 增加了外科手术难度, 可能导致预后更差。Quintana 等<sup>[18]</sup>的研究表明, ASA 术后行室间隔心肌切除术的患者发生心源性死亡、终末期心力衰竭和使用植入式心律转复除颤器的风险增加。

ASA 最常见的并发症为 AVB, 目前发表的文献中 AVB 的发生率各有不同。ASA 术后约有 37%~70% 的患者并发 RBBB, 约 10%~15% 的患者术后并发Ⅲ度 AVB, 需植入起搏器<sup>[19]</sup>。这一现象存在解剖学因素, 右束支位于室间隔的右上部分, 且常常由第一室间隔穿支供血。对比接受 ASA 与室间隔心肌切除术 HOCM 患者心脏 MRI 改变的研究表明, ASA 可在高达 75% 的患者中产生透壁性的消融梗死灶。相比室间隔心肌切除术, ASA 造成的消融梗死灶更容易影响右束支的走行, 造成 RBBB; 有时也可影响左束支, 造成Ⅲ度 AVB<sup>[20-21]</sup>。而室间隔心肌切除术常导致 LBBB, 梅奥医学中心一项纳入 2 482 例接受室间隔心肌切除术的 HOCM 患者

的研究<sup>[22]</sup>表明, 约 38.8% 的患者术后发生 LBBB。该研究还发现, 术前存在 RBBB 的 118 例患者中有 34.8% 的患者术后发生Ⅲ度 AVB, 说明术前 RBBB 显著增加了室间隔心肌切除术后发生Ⅲ度 AVB 的风险, 显著影响远期生存率。即 ASA 治疗后发生 RBBB 的患者接受室间隔心肌切除术后发生Ⅲ度 AVB 的可能性更大。多项研究也证实了这一结论, 中山医院一项纳入 13 例 ASA 术后接受室间隔心肌切除术患者的研究<sup>[23]</sup>结果表明, 相比直接接受室间隔心肌切除术的对照组, ASA 术后接受室间隔心肌切除术后Ⅲ度 AVB 发生率高达 15.4% (15.4% vs. 1.7%,  $P<0.05$ )。阜外医院一项纳入更大病例数的研究<sup>[24]</sup>显示, 62 例 ASA 后复发 LVOTO 的患者中有 24 例 (38.7%) 表现出 RBBB, 其中 7 例患者 (11.3%) 在心肌切除术后发生Ⅲ度 AVB, 需要植入永久起搏器, 显著高于对照组。

因此, 对于 ASA 术后复发 LVOTO 的患者行室间隔心肌切除术, 制定合适的手术策略以避免Ⅲ度 AVB 或室间隔穿孔等严重并发症至为关键。



表 1 患者临床资料

临床资料	病例1	病例2
性别	女	女
年龄(岁)	62	64
ASA史(年)	6	5
梗阻机制	左心室内、外组乳头肌异常肥厚,与室间隔中段共同造成左室中部狭窄	基底部仅前交界处部分肥厚,A2处厚度较薄,而中部室间隔弥漫性肥厚
手术策略	切除中部前间隔肥厚心肌,松解剖薄乳头肌	基底部切除前交界处肥厚心肌,中部切除前间隔及前交界处肥厚心肌
CPB(min)	142	138
ACC(min)	96	85
二尖瓣处理	生物瓣置换	二尖瓣成形
LVOT峰值压差(mm Hg)		
术前	100	84
术后	4	6
LVOT峰值流速(m/s)		
术前	5.0	4.6
术后	1.0	1.3
SAM征		
术前	是	是
术后	否	否
二尖瓣反流(cm <sup>2</sup> )		
术前	8.1	8.4
术后	0.0	1.0
心电图		
术前	SR/RBBB	SR/RBBB
术后	AF/RBBB/LABB	SR/RBBB/LABB
术后并发症	无	无

ACC: 主动脉阻断; AF: 心房颤动; ASA: 室间隔酒精消融; CPB: 体外循环; LABB: 左前分支阻滞; LVOT: 左室流出道; RBBB: 完全性右束支阻滞; SAM: 二尖瓣前叶收缩期前向运动; SR: 窦性心律

本文以 2 例接受全胸腔镜经二尖瓣室间隔心肌切除术治疗 ASA 后复发 LVOTO 患者的手术策略和手术过程为同行提供参考。我们认为,对于 ASA 术后复发 LVOTO 的患者行室间隔心肌切除术,应当通过术前超声、心脏 MRI、心脏 CT 及 3D 建模技术,辨明确 ASA 术后患者的消融梗死灶位置及范围以及造成 LVOTO 的机制,通过心脏数字模型进行可视化探查心内结构,进而制定详细的手术切除方案。手术策略应当避免切除室间隔膜部和后间隔,因为左束支的左后分支常走行于此,以保证至少保留一条束支传导束,达到避免Ⅲ度房室传导阻滞的目的。同时,相比手术视野狭小的传统正中开胸下经主动脉瓣入路,我们建议选择全胸腔镜经

二尖瓣入路,高分辨率镜头下可最大程度地可视化二尖瓣瓣下装置及肥厚的室间隔心肌,其优势在于可将清晰可见的各心内结构作为切除心肌时的坐标参考系,诸如二尖瓣前后交界、前后乳头肌及根部等,术前评估时所测得的参考系处心肌厚度有助于指导切除范围及厚度。在本组病例中,可见彩色超声报告中所测量的前间隔(前交界)心肌厚度便是佐证。此外,我们还利用 ASA 术后的消融梗死灶作为术中切除范围的参考系,在病例 1 中,当切除至梗死灶时提示术者可加大向心尖方向的切除厚度,因为在术前评估中可见梗死灶位于较薄的基底段与明显肥厚的室腔中部之间。在病例 2 中,消融梗死灶则提示了切除范围的边界,因为在术前评

估中可见消融后变薄的基底部心肌。经二尖瓣入路的优势还在于能同入路解决二尖瓣反流,对二尖瓣瓣下装置的异常进行处理,因此 Wehman 等<sup>[25]</sup>更是认为应考虑将经二尖瓣入路作为首选入路。在对二尖瓣的处理中,对于无器质性病变的患者或成形机会大的患者,首选二尖瓣成形,成形技术包括二尖瓣前叶补片扩大或折叠等,应尽可能保留二尖瓣瓣叶和正常瓣下装置。至于 3D 打印技术的应用,早在 2015 年 Yang 等<sup>[26]</sup>便首次报道了应用 3D 打印模型可视化乳头肌、二尖瓣环等解剖位置结构,以指导室间隔心肌切除术。

综上所述,对于 ASA 术后复发 LVOTO 的患者,我们认为结合多模态影像学评估及 3D 建模与打印技术的个性化全胸腔镜经二尖瓣室间隔心肌切除术安全有效,能有效避免诸如室间隔穿孔和 III 度 AVB 等严重并发症。

利益冲突:无。

作者贡献:魏培坚负责数据采集和初稿撰写;庄建、刘健和郭惠明负责论文设计和全文审校;谭桐和吴宏祥负责文献检索和论文修改;邱海龙、徐小维、朱伟和鹿冠玉负责数据整理;郭惠明负责内容指导。

## 参考文献

- Semsarian C, Ingles J, Maron MS, *et al.* New perspectives on the prevalence of hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*, 2015, 65(12): 1249-1254.
- 中国心血管健康与疾病报告 2020 概要. 中国循环杂志, 2021, 36(6): 521-45.
- Rowin EJ, Maron BJ, Olivetto I, *et al.* Role of exercise testing in hypertrophic cardiomyopathy. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2017, 10(11): 1374-1386.
- Hodges K, Rivas CG, Aguilera J, *et al.* Surgical management of left ventricular outflow tract obstruction in a specialized hypertrophic obstructive cardiomyopathy center. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 157(6): 2289-2299.
- Rastegar H, Boll G, Rowin EJ, *et al.* Results of surgical septal myectomy for obstructive hypertrophic cardiomyopathy: The tufts experience. *Ann Cardiothorac Surg*, 2017, 6(4): 353-363.
- Sorajja P, Binder J, Nishimura RA, *et al.* Predictors of an optimal clinical outcome with alcohol septal ablation for obstructive hypertrophic cardiomyopathy. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2013, 81(1): E58-E67.
- Batzner A, Pfeiffer B, Neugebauer A, *et al.* Survival after alcohol septal ablation in patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 72(24): 3087-3094.
- Nguyen A, Schaff HV, Hang D, *et al.* Surgical myectomy versus alcohol septal ablation for obstructive hypertrophic cardiomyopathy: A propensity score-matched cohort. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 157(1): 306-315.
- Kimmelstiel C, Zisa DC, Kuttub JS, *et al.* Guideline-based referral for septal reduction therapy in obstructive hypertrophic cardiomyopathy is associated with excellent clinical outcomes. *Circ Cardiovasc Interv*, 2019, 12(7): e007673.
- Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, *et al.* Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation*, 2002, 105(4): 539-542.
- Ommen SR, Mital S, *et al.* 2020 AHA/ACC guideline for the diagnosis and treatment of patients with hypertrophic cardiomyopathy: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2021, 162(1): e23-e106.23-106.
- Goodwin JF, Oakley CM. Non-surgical myocardial reduction for hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Lancet*, 1995, 346(8990): 1624.
- Maron BJ. Controversies in cardiovascular medicine. Surgical myectomy remains the primary treatment option for severely symptomatic patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*, 2007, 116(2): 196-206.
- 罗晓亮, 袁建松, 杨伟宪. 中国医学科学院阜外医院经皮室间隔心肌消融术临床操作规范. 中国分子心脏病学杂志, 2021, 21(3): 3913-3917.
- Veselka J, Jensen MK, Liebrechts M, *et al.* Long-term clinical outcome after alcohol septal ablation for obstructive hypertrophic cardiomyopathy: Results from the Euro-ASA registry. *Eur Heart J*, 2016, 37(19): 1517-1523.
- Nagueh SF, Groves BM, Schwartz L, *et al.* Alcohol septal ablation for the treatment of hypertrophic obstructive cardiomyopathy. A multicenter North American registry. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 58(22): 2322-2328.
- Quintana E, Bajona P, Arguis MJ, *et al.* Septal myectomy after failed septal alcohol ablation. *Ann Cardiothorac Surg*, 2017, 6(4): 394-401.
- Quintana E, Sabate-Rotes A, Maleszewski JJ, *et al.* Septal myectomy after failed alcohol ablation: Does previous percutaneous intervention compromise outcomes of myectomy? *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 150(1): 159-167.
- Fitzgerald P, Kusumoto F. The effects of septal myectomy and alcohol septal ablation for hypertrophic cardiomyopathy on the cardiac conduction system. *J Interv Card Electrophysiol*, 2018, 52(3): 403-408.
- Valeti US, Nishimura RA, Holmes DR, *et al.* Comparison of surgical septal myectomy and alcohol septal ablation with cardiac magnetic resonance imaging in patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*, 2007, 49(3): 350-357.
- Talreja DR, Nishimura RA, Edwards WD, *et al.* Alcohol septal ablation versus surgical septal myectomy: comparison of effects on atrioventricular conduction tissue. *J Am Coll Cardiol*, 2004, 44(12): 2329-2332.
- Cui H, Schaff HV, Nishimura RA, *et al.* Conduction abnormalities and long-term mortality following septal myectomy in patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 74(5): 645-655.
- Ji Q, Wang Y, Yang Y, *et al.* Surgical septal myectomy for the treatment of residual left ventricular outflow tract obstruction





- following failed alcohol septal ablation. [Int Heart J](#), 2021, 62(2): 329-336.
- 23 Yang Q, Zhu C, Cui H, *et al.* Surgical septal myectomy outcome for obstructive hypertrophic cardiomyopathy after alcohol septal ablation. [J Thorac Dis](#), 2021, 13(2): 1055-1065.
- 24 Wehman B, Ghoreishi M, Foster N, *et al.* Transmitral septal myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy. [Ann Thorac Surg](#), 2018, 105(4): 1102-1108.
- 25 Yang DH, Kang JW, Kim N, *et al.* Myocardial 3-dimensional printing for septal myectomy guidance in a patient with obstructive hypertrophic cardiomyopathy. [Circulation](#), 2015, 132(4): 300-301.

收稿日期: 2021-08-10 修回日期: 2021-10-04  
本文编辑: 雷芳