

房间隔缺损封堵术后疗效和安全性的 量化指标——压缩比^{*}

罗贤¹ 左明良² 尹立雪² 董芊华² 于涛³ 邓燕² 向波³

[摘要] 目的:评估超声心动图引导下封堵继发孔型房间隔缺损(ASD)的有效性和安全性,并确定相关定量指标。方法:回顾性分析我院2020年12月—2023年12月接受经食管超声心动图(TEE)引导下微创封堵116例继发孔型ASD患者。测量放射压缩(X线下封堵伞展开后腰部直径)和超声压缩(术中TEE下封堵伞展开后腰部直径),计算放射压缩比,公式为:压缩比=(封堵伞型号-实际测量值)/封堵伞型号 $\times 100\%$ 。比较封堵前后心脏结构变化,并分析缺损大小和压缩比之间的相关性。采用二元logistic回归分析评估影响心脏结构变化的因素。并随访术后并发症发生情况。结果:封堵术后,右心系统显著缩小,左心增大,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。放射压缩比和超声压缩比分别为 $(23.47 \pm 9.36)\%$ 和 $(36.01 \pm 8.40)\%$ 。压缩比与右室变化和缺损大小均呈负相关($P < 0.05$),表明缺损越大,压缩比越小。放射压缩比与超声压缩比之间呈强正相关。术后3例发生封堵器脱落,放射压缩比分别为5.00%、8.33%、5.26%,超声压缩比分别为17.50%、13.89%、7.89%。5例出现残余分流,随访6个月后均消失;1例发生心包填塞,无死亡发生。Logistic回归分析显示,缺损大小是预测右心室结构重塑的独立预测因子($OR = 1.273, 95\%CI 1.148 \sim 1.411$)。结论:压缩比可作为评估ASD封堵术后安全性的量化指标。较小的压缩比可能提示封堵器脱落风险;缺损大小是右心室结构重塑的预测指标。

[关键词] 房间隔缺损封堵;经食管超声心动图;结构重塑;压缩比

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.12.009

[中图分类号] R541.3 **[文献标志码]** A

Efficacy and safety of the compression ratio after atrial septal defect occlusion

LUO Xian¹ ZUO Mingliang² YIN Lixue² DONG Qianhua² YU Tao³
DENG Yan² XIANG Bo³

(¹College of Medicine and Life Sciences, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu, 611137, China; ²Department of Cardiovascular Ultrasound and Non-invasive Cardiology, ³Department of Cardiovascular Surgery, Sichuan Academy of Medical Sciences and Sichuan Provincial People's Hospital, University of Electronic Science and Technology of China)

Corresponding author: ZUO Mingliang, E-mail: zuoml@uestc.edu.cn

Abstract Objective: To evaluate the effect and safety of ultrasound-guided closure of secundum atrial septal defect(ASD), and to identify relevant quantitative indicators. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on 116 patients with secundum ASD who underwent minimally invasive closure guided by transesophageal echocardiography(TEE) in our hospital from December 2020 to December 2023. We detected the radiation compression (waist diameter after unfolding the occlusion umbrella under X-ray) and ultrasound compression(waist diameter after unfolding the occlusion umbrella under intraoperative TEE), and calculate the radiation compression ratio. The formula is: compression ratio = (occlusion umbrella model-actual measurement value)/occlusion umbrella model $\times 100$. The changes in cardiac structure before and after occlusion were compared, and the correlation between defect size and compression ratio was analyzed. Binary logistic regression analysis was used to evaluate the factors affecting changes in cardiac structure. Postoperative complications were also followed up. **Results:** After the occlusion surgery, the right heart system significantly shrank and the left heart increased, with statistically significant differences($P < 0.05$). The radiation compression ratio and ultrasound compression ratio were $(23.47 \pm 9.36)\%$ and $(36.01 \pm 8.40)\%$, respectively. The compression ratio is negatively correlated with right ventricular changes and defect size($P < 0.05$), indicating that the larger the defect, the smaller the compression ratio.

^{*}基金项目:四川省科技厅自然科学基金项目(No:2023NSFSC0641)

¹成都中医药大学医学与生命科学学院(成都,611137)

²电子科技大学附属医院·四川省人民医院心血管超声及心功能科

³电子科技大学附属医院·四川省人民医院心脏大血管外科

通信作者:左明良, E-mail: zuoml@uestc.edu.cn

There is a strong positive correlation between the radiation compression ratio and the ultrasound compression ratio. Three cases of occluder detachment occurred postoperatively, with radiation compression ratios of 5.00%, 8.33%, and 5.26%, and ultrasound compression ratios of 17.50%, 13.89%, and 7.89%, respectively. The 5 cases showed residual shunting, which disappeared after 6 months of follow-up; One case of pericardial tamponade occurred without any deaths. Logistic regression analysis showed that defect size was an independent predictor of right ventricular structural remodeling (OR=1.273, 95% CI 1.148–1.411). **Conclusion:** Compression ratio can be used as a quantitative indicator to evaluate the safety of ASD closure surgery. A smaller compression ratio may indicate a risk of occluder detachment. The size of the defect is a predictive indicator of right ventricular structural remodeling.

Key words atrial septal defect, occlusion; transesophageal echocardiography; structural remodeling; compression ratio

房间隔缺损(atrial septal defect, ASD)导致血液从压力较高的左心房流向压力较低的右心房,进而导致右心房和右心室的容量负荷增加。长期未治疗的 ASD 可引起肺高压、心力衰竭等严重并发症^[1-2]。因此,及时有效地闭合 ASD 是防止这些并发症的关键。

ASD 封堵术由于其微创和快速恢复等优势,已成为临床首选的治疗方法^[3]。随着医疗技术的进步,封堵器的设计和应用不断优化,手术的安全性和有效性得到了显著提升。然而,封堵器脱落的风险仍然存在^[4-5]。近年来,随着医疗器械的发展,尤其是经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)技术的应用,ASD 封堵术的准确性和安全性得到极大提高。TEE 不仅能实时监测封堵器的位置和状态,确保封堵器准确部署,最小化术后并发症,还可获得实时压缩比。

压缩比是指封堵器在未压缩状态下的直径与压缩状态下直径的比值,常用于左心耳封堵、经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve implantation, TAVI)、大血管支架等介入手术^[6]。该参数直接反映植入物的植入效果,并与不良结局相关。较高的压缩比可能表明植入物与组织间的接触更紧密;相反,较低的压缩比可能提示植入物压缩不理想,增加术后并发症的风险。

本文拟通过分析 ASD 封堵术前后的心脏结构变化及术后并发症,探讨压缩比是否可作为评估 ASD 封堵术后疗效和安全性的潜在量化指标,以提高 ASD 封堵术的整体成功率和安全性。

1 对象与方法

1.1 对象

本研究回顾性纳入 2020 年 12 月—2023 年 12 月四川省人民医院心脏外科接受 TEE 引导下外科微创封堵的继发孔型 ASD 成人患者 149 例,对患者进行术后 6 个月随访。纳入标准:①单纯性继发孔型 ASD。②年龄>18 岁。排除标准:①合并其他先天性心脏畸形,如室间隔缺损等;②多发孔型 ASD 不能用单一封堵器治疗;③合并重度肺动脉高压不能耐受手术。所有患者均行经胸超声心动

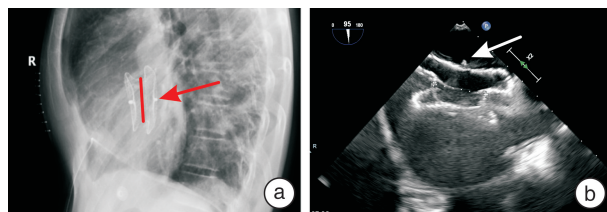
图(transthoracic echocardiography, TTE)和 TEE 检查确诊。根据术前与出院前右室(right ventricle, RV)大小变化的中位数将患者分为 2 组, RV 大小变化≤中位数为不显著变化组, RV 大小变化>中位数为显著变化组。本研究经医院伦理委员会审核批准[No:伦审(研)2024 年第 508 号]。

1.2 资料收集

记录入选患者的性别、年龄、既往病史、个人史和入院血压。完善心电图、超声心动图和胸部 X 线等检查。记录患者 ASD 封堵手术路径:经胸小切口、经颈内静脉及经股静脉。

1.3 ASD 大小及封堵伞置入后压缩比测量

术中采用多切面 TEE 扫查,二维联合实时三维成像共同观测 ASD 形态、最大径,术中 TEE 测量 ASD 缺损最大径;ASD 分型为单孔型、多孔型。术后即刻观测封堵器状态,包括有无残余分流、封堵器有无移位。术后行胸部正侧位 X 线检查,测量放射压缩:封堵伞展开后腰部直径,如图 1a 所示;超声压缩为术中 TEE 测量封堵伞展开后腰部直径,如图 1b 所示。计算放射压缩比=(封堵伞型号-放射压缩)/封堵伞型号×100%,超声压缩比=(封堵伞型号-超声压缩)/封堵伞型号×100%。



a:放射压缩测量,在红色箭头所指部位显现时测量,测量方法如图红色线所示。b:超声压缩测量:在白色箭头所指部位清楚出现时测量,测量方法如图虚线所示。

图 1 放射压缩与超声压缩测量方法

Figure 1 Measurement methods of radiation compression and ultrasonic compression

1.4 术前及出院前经胸超声心动图测量

按照《中国成年人超声心动图检查测量指

南》^[7]进行术前及出院前胸骨旁左室长轴切面测量左房(left atrial, LA)前后径、左室(left ventricular, LV)前后径、RV 前后径;肺动脉长轴切面测量肺动脉主干(main pulmonary artery, MPA)内径;心尖四腔心切面测量右房(right atrium, RA)长径(RA1)、右房横径(RA2)、二尖瓣口(mitral valve, MV) E 峰流速(MVE)、二尖瓣口 A 峰流速(MVA)、二尖瓣环侧壁舒张早期(MVe)和舒张晚期(MVa)运动速度, M 型超声测量左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)。

1.5 随访

术后均口服阿司匹林抗凝治疗 6 月, 术后 3 d、3 个月、6 个月进行随访评估, 随访记录封堵器相关心脏并发症, 如残余分流、封堵器脱落、器械相关心律失常、器械栓塞、心包积液、心脏组织侵蚀、血栓形成及死亡等。

1.6 统计学处理

采用 SPSS 27.0 软件进行统计学分析。分类变量资料采用例(%)表示, 组间比较采用卡方检验。符合正态分布的计量资料以 $\bar{X} \pm S$ 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验, 比较封堵前后心脏形态及血流动力学改变采用配对 t 检验, RV 变化与缺损大小和压缩比进行相关性分析。采用二元 logistic 回归分析评估影响心脏结构变化的因素。以 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。同一观察者不同时间对封堵器压缩的一致性检测采用组内相关

系数(intraclass correlation coefficient, ICC)评估, $ICC > 0.75$ 表示一致性良好。选取 30 例封堵器放射压缩和超声压缩在同一观察者不同时间作重复性检验。

2 结果

2.1 临床资料分析

在 2020 年 12 月—2023 年 12 月, 共有 149 例心脏外科患者接受了 TEE 引导下的外科微创封堵治疗继发孔型 ASD。排除未成年患者 22 例, 以及无术前及出院前 TTE 记录的 11 例后, 最终纳入研究的患者为 116 例。这些患者中, 男性 31 例(26.7%), 平均年龄(41.53 ± 13.20)岁。ASD 缺损的最大直径平均为(21.27 ± 7.15) mm, 封堵伞的平均型号为(31.13 ± 6.61) mm。放射压缩比与超声压缩比分别为(23.47 ± 9.36)%和(36.01 ± 8.40)%。单孔型 ASD 有 108 例(93.1%), 多孔型 8 例(6.9%)。封堵路径包括经胸小切口 22 例(19.0%)、经颈内静脉 71 例(61.2%)、经股静脉 23 例(19.8%)。

2.2 封堵前后心脏结构功能重塑比较

比较封堵术前后的心脏结构指标, LV、RA、RV、MPA 大小, 以及心脏功能指标如二尖瓣收缩期和舒张期速度等。结果显示封堵术后患者的 LV 增大, RA1、RA2、RV、MPA 减小, 二尖瓣 A 及 e 减小、E/A 及 E/e 增大, LVEF 增大, 差异具有统计学意义($P < 0.05$), 见表 1。

表 1 封堵前后心脏结构及功能指标比较
Table 1 Comparison of cardiac structural and functional indices before and after occlusion $\bar{X} \pm S$

超声指标	术前	术后出院前	t	P
LA/mm	35.14 ± 5.89	35.25 ± 6.00	-0.305	0.760
LV/mm	39.77 ± 5.17	42.28 ± 4.58	-6.383	<0.010
RA1/mm	53.79 ± 7.91	50.02 ± 5.83	6.555	<0.010
RA2/mm	45.50 ± 7.07	39.79 ± 5.89	9.162	<0.010
RV/mm	29.61 ± 5.69	25.27 ± 4.01	11.013	<0.010
MPA/mm	25.52 ± 4.86	24.31 ± 4.48	3.180	<0.010
MVE/(m/s)	0.85 ± 0.25	0.89 ± 0.27	-1.885	0.062
MVA/(m/s)	0.70 ± 0.20	0.66 ± 0.173	2.163	0.033
MVE/A	1.28 ± 0.50	1.46 ± 0.60	-2.081	0.043
MVe/(m/s)	0.13 ± 0.046	0.11 ± 0.04	3.383	<0.010
MVa/(m/s)	0.11 ± 0.03	0.19 ± 0.97	-0.881	0.381
MVE/e	7.07 ± 2.67	8.58 ± 3.47	-4.149	<0.010
LVEF	0.67 ± 0.07	0.69 ± 0.06	2.012	0.047

MVE/A: 二尖瓣 E/A 峰比值; MVE/e: 二尖瓣 E/e 比值。

2.3 心脏结构重塑与压缩比

以 RV 变化中位数作为标准, 比较显著变化与无显著变化患者临床及术中参数。与无显著变化组相比, 显著变化组的年龄、性别、既往史、个人史、

入院时血压无显著差异, 同样, 房缺分型也无显著差异, 然而, 效果显著组经胸小切口比例更大, 差异有统计学意义, 见表 2。表 3 显示显著变化组房间隔缺损更大[(24.67 ± 6.30) mm vs ($18.61 \pm$

6.67) mm],封堵伞更大[(34.16±5.75) mm vs (28.75±6.30) mm],放射压缩比[(21.95±8.82)% vs (24.67±9.66)%]和超声压缩比[(34.42±7.71)% vs (37.25±8.77)%]更小;住院时间更长,约为5.5 d。

RV变化与放射压缩比和超声压缩比均呈负相关(RV变化与放射压缩比的 r 为-0.200, $P=0.032$;与超声压缩比的 r 为-0.232, $P=0.012$)。

缺损最大径与放射压缩比和超声压缩比之间呈负相关(放射压缩比与缺损最大径相关系数为一

0.630, $P<0.01$;超声压缩比与缺损最大径 r 为一0.642, $P<0.01$)

RV变化与缺损大小呈中等正相关关系(RV变化与缺损最大径的 r 为0.422, $P<0.01$)。

2.4 RV变化的影响因素

以RV变化是否显著为因变量,将年龄、缺损大小、压缩比作为自变量进行二元logistic回归分析。结果显示,缺损最大径是RV变化的独立危险因素($OR=1.273,95\%CI 1.148\sim1.411$),见表4。

表2 两组患者临床资料比较

Table 2 Comparison of clinical data between the two groups of patients

例(%), $\bar{X}\pm S$

临床资料	无显著变化组(65例)	显著变化组(51例)	P
男	22(33.8)	9(17.6)	0.059
年龄/岁	41.8±12.66	41.2±13.98	0.808
高血压	10(15.4)	4(7.8)	0.205
糖尿病	4(6.2)	0	0.128
吸烟	9(13.8)	3(5.9)	0.154
饮酒	5(7.8)	1(2.0)	0.225
入院收缩压/mmHg	120.83±15.219	120.76±17.516	0.982
入院舒张压/mmHg	74.74±11.278	75.50±11.678	0.724
ASD分型			0.729
单孔型	61(93.8)	47(92.2)	
多孔型	4(6.2)	4(7.8)	
手术路径			<0.010
经胸小切口	4(6.2)	18(35.3)	
经颈内静脉	46(70.8)	25(49.0)	
经股静脉	15(23.1)	8(15.7)	

表3 两组患者术中主要影像学测量指标

Table 3 Major intraoperative imaging measures in both groups of patients

$\bar{X}\pm S$

术中资料	无显著变化组(65例)	显著变化组(51例)	t	P
缺损最大径/mm	18.61±6.67	24.67±6.30	-4.974	<0.010
封堵伞型号/mm	28.75±6.30	34.16±5.75	-4.764	<0.010
放射压缩/mm	21.92±6.66	26.88±6.34	-4.065	<0.010
放射压缩比/%	24.67±9.66	21.95±8.82	1.563	0.086
超声压缩/mm	18.29±5.58	22.69±5.74	-4.157	<0.010
超声压缩比/%	37.25±8.77	34.42±7.71	1.815	0.057
术后住院时间/d	3.51±2.43	5.51±3.78	-3.286	<0.010

表4 RV变化是否显著的影响因素二元logistic回归分析结果

Table 4 Results of binary logistic regression analysis of factors influencing whether the change in RV is significant or not

因素	β	Wald χ^2	OR	95%CI	P
性别	-0.886	2.890	0.412	0.148~1.145	0.089
缺损最大径	0.241	20.903	1.273	1.148~1.411	<0.010
放射压缩比	0.041	1.316	1.041	0.972~1.116	0.251
超声压缩比	0.050	1.509	1.052	0.970~1.139	0.219
年龄	-0.018	1.093	0.982	0.950~1.016	0.296

2.5 术后并发症与压缩比

如表 5 所示,封堵术后出现封堵器脱落共 3 例,且与压缩比存在一定关系。第 1 例术中 TEE 测量 ASD 大小约 32 mm × 25 mm,经胸小切口放入 40 mm 封堵器并于 RA 表面缝合两针固定封堵器,放射压缩比 5.00%,超声压缩比 17.50%。术后 4 d 时发现封堵器脱落于 RA 壁。取出封堵器后改为 ASD 修补术。第 2 例术中 TEE 测量 ASD 大小约 32 mm × 28 mm,经胸小切口放入 36 mm 封堵器,放射压缩比 8.33%,超声压缩比 13.89%。术后 2 h 发现封堵器脱落入 RV,取出封堵器后改为 ASD 修补术。第 3 例术中 TEE 测量 ASD 大小约 35 mm × 25 mm,经胸小切口放入 38 mm 封堵

器,放射压缩比 5.26%,超声压缩比 7.89%。术后 3 d 时发现封堵器脱落至 RA 壁,取出脱落封堵器后更换 40 mm 封堵器再次封堵,并于 RA 表面间断缝合两针,固定封堵器。

此外,本研究还观察到 5 例术后少量残余分流,均为筛孔型 ASD,放射压缩比分别为:25.00%、27.78%、17.86%、20.00%、28.13%,超声压缩比分别为:28.57%、41.67%、25.00%、33.33%、28.13%;但随访 6 个月后均消失。

2.6 封堵器压缩重复性检验

同一观察者不同时间封堵后封堵器放射压缩和超声压缩检测到一致性良好,ICC 分别为 0.965、0.871。

表 5 ASD 封堵术后并发症
Table 5 Complications after ASD blockade

并发症	例数	发生时间	放射压缩比	超声压缩比	结局
封堵器脱落	3	术后第 4 天	5.00%	17.50%	取出脱落封堵器,改为 ASD 修补术
		术后 2 h	8.33%	13.89%	取出脱落封堵器,改为 ASD 修补术
		术后第 3 天	5.26%	7.89%	取出脱落封堵器,换更大封堵器,于 RA 表面间断缝合两针,固定封堵器。
残余分流	5	术后即刻	25.00%	28.57%	术后即刻下缘探及宽约 2 mm 残余分流信号;术后 1d TTE 复查显示自发闭合消失
		术后即刻	27.78%	41.67%	术后即刻下腔静脉与三尖瓣之间探及宽约 4 mm 残余分流;术后 14 d 发现心包填塞,打开原切口见心脏表面血性纤维组织覆盖,心包腔内吸引出暗红色积血及血凝块;术后 3 个月近下腔静脉侧(封堵伞下缘)探及宽约 4 mm 分流。
		术后即刻	17.86%	25.00%	术后即刻下缘探及宽约 3 mm 残余分流信号;术后 1d TTE 复查显示自发闭合消失
		术后即刻	20.00%	33.33%	术后即刻下缘探及宽约 2 mm 残余分流信号;术后 3d TTE 复查显示自发闭合消失
		术后 3 个月	28.13%	28.13%	术后 3 个月封堵器腰部下血流束宽约 2 mm;术后 6 个月未见残余分流。
心包填塞	1	术后 14 d	27.78%	41.67%	打开原切口见心脏表面血性纤维组织覆盖,心包腔内吸引出约 400 mL 暗红色积血及血凝块
心脏组织侵蚀	0				
死亡	0				

3 讨论

本研究发现,ASD 封堵后右心系统显著缩小, LV 明显增大,且压缩比和缺损大小与心脏结构的改善显著相关。其中,缺损大小是预测 RV 显著缩小的独立危险因素,而压缩比较小的患者术后封堵器脱落风险增加。

ASD 主要受左向右分流的影响,随着时间的推移,患者逐渐出现 RA 和 RV 扩张、房性心律失常、三尖瓣关闭不全、右心衰竭和肺动脉高压^[8]。经导管封堵 ASD,可引起 RV 的逆重构及心功能的

改善^[9-10]。这与本研究中封堵术后右心系统(RA1、RA2、RV、MPA)减小,和 LV 增大的结果一致。同时,由于封堵后左向右分流被阻断,左心的血流量增加,导致二尖瓣 A 及 e、E/A、E/e、LVEF 显著变化。这与既往文献报道的 ASD 封堵术后 3 d、1 个月、3 个月心脏形态逐步恢复,6 个月时趋于稳定的结果一致^[11-12]。

在研究心脏结构重塑的影响时,发现 ASD 封堵术后 RV 变化显著的患者,其 ASD 缺损最大径及封堵伞型号更大,而放射和超声压缩比更小。压

缩比与心脏结构的改善呈负相关,即压缩比越小,心脏结构的改善更加明显。缺损大小与心脏结构的改善呈正相关,即缺损越大,改善越显著。多因素回归分析显示,缺损大小是预测 RV 显著缩小的独立危险因素。

心脏结构重塑是一个复杂的、多因素调节的动态病理生理过程,通常发生在血流动力学超负荷、神经内分泌激活及其他病理生理因素的刺激下,是决定患者心功能和预后的重要因素^[13]。ASD 缺损越大的患者,随着病程的延长,更容易出现 RA、RV 及 LA 增大等心脏结构改变。同样,ASD 封堵后,缺损越大的患者,左向右分流被阻断得更多,右心容量负荷下降更快,RV 重构更明显。因此,缺损越大,术后心脏结构重塑更加明显。

随着经导管闭合 ASD 技术的发展,封堵器脱落的发生率已从 8.5% 降低至 1%~3.5%,但仍将存在严重并发症甚至死亡的风险^[14]。及时识别和预防脱落发生仍是临床医生面临的巨大挑战。术前准确评估 ASD 的类型、准确测量 ASD 及其边缘的大小以及血流动力学情况,尤其是精确测量缺损最大径和选择合适的封堵器,是确保封堵安全的重要前提^[15]。目前术中植入封堵器后的安全评估主要基于牵拉实验。但牵拉实验评估比较局限,可靠性较差,可能会出现某一边未堵上而牵拉实验封堵器依然未掉落的情况。此外,牵拉实验也可能增加组织损伤和心包积液的风险^[16-17]。本研究中,发现 3 例脱落患者封堵后的压缩比较小,远小于平均值,但是术中牵拉实验封堵器是稳定的,这提示牵拉实验未考虑封堵伞形态及封堵器与心肌组织之间的压缩关系。该结果表明,对不良结局的预测不仅需要牵拉实验,术中压缩比的测量尤为重要,而压缩较小的患者术后脱落风险增加。

压缩比主要用于评估左心耳封堵、TAVI、大血管支架等介入手术的稳定性和安全性,不同手术有不同的最佳压缩比范围。例如,Freixa 等^[18]确定了较低程度的压缩比与残余漏的关联关系,认为超过 3~4 mm 为合理,植入后 10%~20% 或更大的压缩比^[19]可确保在长期随访中最佳的左心耳封堵完全闭合概率而无残余漏^[20-21]。一定程度的压缩可防止 TAVI 瓣周漏和瓣环破裂($<15\%$)^[22]。10%~20% 的压缩比可为动脉瘤或动脉夹层患者提供有效的封堵和固定,从而避免支架移植物移位、塌陷或内漏的形成^[23]。经皮冠状动脉介入治疗中过大的支架与 ST 段再抬高和心肌损伤有关^[24]。可见,植入物的压缩程度与植入效果和不良结局有关。

理论上,封堵器过大可能引起临近结构生物特性发生改变。例如,Sincos 等^[25]发现胸主动脉支架对动脉壁组织学和生物力学影响,无论支架压缩

比大小,弹性均不同程度丧失,随着压缩程度增加,主动脉壁的最大张力和应力呈线性和进行性丧失。而组织学结果显示,较大程度的压缩可导致动脉壁更大程度的损伤,在损伤严重节段,胶原沉积更多的区域伴随着弹性纤维的丧失和肌纤维的紊乱。同样,较大植入物可能刺激血管内膜增生^[26],而小的压缩比可能产生较小的径向力,较少刺激静脉壁,从而减少内膜增生,提高通畅率^[27]。

本研究发现,压缩比与心脏结构改善呈负相关,即过大的压缩比不利于心脏的结构重塑。动物实验及临床试验证实,过大的封堵器不利于封堵器内皮化,甚至可能导致永久性内皮化不良。而内皮化以前,封堵器与心肌组织相互摩擦会引起纤维组织大量增生,可能不利于心脏结构的重塑。大小合适的封堵器伞盘塑形则较好,因此过大封堵器可能导致晚期并发症的发生^[28-29],亦是造成心律失常、血栓形成、主动脉-心房瘘、心脏组织侵蚀,以及封堵术后头痛的主要原因^[30-31]。

综上所述,尽管缺损大小是心脏结构重构的唯一预测指标,但压缩比与心脏结构改善呈负相关,过大的压缩比不利于心脏的结构重塑。因此,成功的房间隔封堵不仅要考虑过大的压缩比对心脏重塑的影响,还要避免过小的压缩比导致封堵器脱落的风险,可作为 ASD 封堵术后疗效和安全性的量化指标。压缩比较小可能提示封堵器脱落风险,压缩比过大可能不利于心脏的结构重塑。其中,放射压缩比范围 14%~33%,超声压缩比范围 28%~44% 为封堵安全的范围。然而,最佳压缩比的确定需要通过大样本长期研究加以验证。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Brida M, Chessa M, Celermajer D, et al. Atrial septal defect in adulthood: a new paradigm for congenital heart disease[J]. Eur Heart J, 2022, 43 (28): 2660-2671.
- [2] Qureshi AM, Kenny D. Atrial septal defect closure in patients with pulmonary hypertension: room for punching a hole in the debate[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2020, 13(17): 2035-2037.
- [3] 许美珍,肖紫荆,沈文,等. 卵圆孔未闭介入封堵术中右心房造影临床评价[J]. 临床心血管病杂志, 2022, 38(5): 365-368.
- [4] Faletra FF, Saric M, Saw J, et al. Imaging for patient's selection and guidance of LAA and ASD percutaneous and surgical closure[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2021, 14(1): 3-21.
- [5] Akagi T. Current concept of transcatheter closure of atrial septal defect in adults[J]. J Cardiol, 2015, 65 (1): 17-25.
- [6] 应岳桦,楼园青,徐步云,等. 塞式封堵器与盘式封堵器对心房颤动患者左心耳封堵术后残余漏的影响

- [J]. 心电与循环, 2023, 42(5): 500-503.
- [7] 中华医学会超声医学分会超声心动图学组. 中国成年人超声心动图检查测量指南[J]. 中华超声影像学杂志, 2016, 25(8): 645-666.
- [8] Kim NK, Park SJ, Choi JY. Transcatheter closure of atrial septal defect; does age matter? [J]. Korean Circ J, 2011, 41(11): 633-638.
- [9] Oster M, Bhatt AB, Zaragoza-Macias E, et al. Interventional therapy versus medical therapy for secundum atrial septal defect: a systematic review (part 2) for the 2018 AHA/ACC guideline for the management of adults with congenital heart disease: a report of the American college of cardiology/American heart association task force on clinical practice guidelines [J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 73(12): 1579-1595.
- [10] 丁铃, 孙子瑞, 毋会芄, 等. 房间隔缺损合并重度三尖瓣反流患者经皮房间隔缺损封堵术后短期疗效观察[J]. 中国循环杂志, 2022, 37(10): 1008-1011.
- [11] 阴海霞, 刘爱玲, 周爱香, 等. 应用超声心动图观察房间隔继发孔缺损封堵术后心脏结构与功能的变化[J]. 放射学实践, 2013, 28(6): 689-691.
- [12] Akula VS, Durgaprasad R, Velam V, et al. Right ventricle before and after atrial septal defect device closure[J]. Echocardiography, 2016, 33(9): 1381-1388.
- [13] 李若川, 刘路路, 芮海英, 等. 细胞衰老与心脏重构的研究进展[J]. 中华心血管病杂志, 2021, 49(10): 1048-1052.
- [14] Tzifa A, Gordon J, Tibby SM, et al. Transcatheter atrial septal defect closure guided by colour flow Doppler[J]. Int J Cardiol, 2011, 149(3): 299-303.
- [15] 国家卫生健康委员会国家结构性心脏病介入质量控制中心, 国家心血管病中心结构性心脏病介入质量控制中心, 中华医学会心血管病学分会先心病经皮介入治疗指南工作组, 等. 常见先天性心脏病经皮介入治疗指南(2021版)[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(38): 3054-3076.
- [16] Salmon MK, Hammer KE, Nygaard JV, et al. Left atrial appendage occlusion with the amulet device: to tug or not to tug? [J]. J Interv Card Electrophysiol, 2021, 61(1): 199-206.
- [17] Faletra FF, Saric M, Saw J, et al. Imaging for patient's selection and guidance of LAA and ASD percutaneous and surgical closure[J]. JACC Cardiovasc Imag, 2021, 14(1): 3-21.
- [18] Freixa X, Tzikas A, Sobrino A, et al. Left atrial appendage closure with the amplatzer™ cardiac plug: impact of shape and device sizing on follow-up leaks [J]. Int J Cardiol, 2013, 168(2): 1023-1027.
- [19] Sandhu A, Varosy PD, Du CG, et al. Device-sizing and associated complications with left atrial appendage occlusion: findings from the NCDR LAAO registry[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2022, 15(12): e012183.
- [20] Helal B, Khan J, AlJayar D, et al. Risk factors, clinical implications, and management of peridevice leak following left atrial appendage closure: a systematic review[J]. J Interv Card Electrophysiol, 2024, 67(4): 865-885.
- [21] Mahmoudi K, Galea R, Elhadad S, et al. Computed tomography scan evidence for left atrial appendage short-term remodeling following percutaneous occlusion: impact of device oversizing[J]. J Am Heart Assoc, 2023, 12(17): e030037.
- [22] Garot P. Oversizing TAVR in the low-risk era: is bigger still better? [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2021, 14(19): 2170-2172.
- [23] Chiang CH, Yeh ML, Chen WL, et al. Apparatus for comparison of pullout forces for various thoracic stent grafts at varying neck angulations and oversizes[J]. Ann Vasc Surg, 2016, 31: 196-204.
- [24] Nagumo S, Wakabayashi K, Tsujiuchi M, et al. Clinical impact of undersized-versus oversized-stenting approaches in ST-elevation myocardial infarction [J]. Cardiovasc Revasc Med, 2016, 17(6): 362-368.
- [25] Sincos IR, da Silva ES, Belczak SQ, et al. Histologic analysis of stent graft oversizing in the thoracic aorta [J]. J Vasc Surg, 2013, 58(6): 1644-1651. e4.
- [26] Taylor JD, Lehmann ED, Belli AM, et al. Strategies for the management of SVC stent migration into the right atrium[J]. Cardiovasc Interv Radiol, 2007, 30(5): 1003-1009.
- [27] Liu ZN, Zhang JR, Huang J, et al. Small oversized stent graft is associated with increased patency for the treatment of central venous disease in hemodialysis patients [J]. J Endovasc Ther, 2024; 15266028241232921.
- [28] 张婷婷, 张玉顺, 万陈, 等. 过大房间隔缺损封堵器对犬术后内皮化的影响[J]. 中华心血管病杂志, 2014, 42(7): 557-560.
- [29] Scicchitano P, Gesualdo M, Cortese F, et al. Atrial septal defect and patent foramen ovale: early and long-term effects on endothelial function after percutaneous occlusion procedure[J]. Heart Vessels, 2019, 34(9): 1499-1508.
- [30] 黄曜, 王建铭, 王琦光, 等. 置入房间隔缺损封堵伞的形态对术后头痛的影响[J]. 中华心血管病杂志, 2020, 48(6): 495-499.
- [31] 韩丹. 介入封堵治疗房间隔缺损患者并发心律失常的影响因素[J]. 国际护理学杂志, 2022, 41(10): 1755-1758.

(收稿日期: 2024-08-05)