

• 临床研究 •

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.09.026

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250813.1529.007\(2025-08-13\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250813.1529.007(2025-08-13))

3 种手术入路修复成人巨大房间隔缺损的临床疗效研究

薛春竹,何 杨,赖邦辉,陈 均,张 熠,李顺刚,王贤芝,母存富[△]

(广元市第一人民医院心胸外科,四川广元 628017)

[摘要] **目的** 比较胸骨下段小切口、右侧腋下小切口和胸腔镜三切口手术入路修复成人巨大房间隔缺损(ASD)的临床疗效。**方法** 回顾性分析 2018 年 1 月至 2024 年 1 月在该院接受手术修复的 112 例巨大 ASD 患者的病历资料。根据手术入路的不同,分为 A 组($n=35$,胸骨下段小切口)、B 组($n=37$,右侧腋下小切口)和 C 组($n=40$,胸腔镜三切口)。比较各组一般资料、手术时间、体外循环时间、术后引流量、输血量、切口长度、术后视觉模拟评分法(VAS)评分、ICU 机械通气时间、ICU 时间、术后住院时间、住院费用和术后并发症发生率。**结果** 3 组手术时间、体外循环时间、ICU 机械通气时间、ICU 时间、术后引流量、输血量、术后住院时间比较差异无统计学意义($P>0.05$)。C 组住院费用高于 A 组和 B 组,B 组术后 VAS 评分高于 A 组和 C 组,C 组切口长度短于 A 组和 B 组,比较差异有统计学意义($P<0.05$)。所有患者成功修复,A 组和 C 组术后肺部感染的发生率低于 B 组,差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 3 种手术入路都可以安全有效地修复成人巨大 ASD,应根据患者具体情况选择不同的手术入路。

[关键词] 房间隔缺损;外循环;右侧腋下;胸骨下段;微创;胸腔镜**[中图法分类号]** R654**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2025)09-2142-05

Clinical efficacy of three surgical approaches for repairing adult giant atrial septal defects

XUE Chunzhu, HE Yang, LAI Banghui, CHEN Jun, ZHANG Yi, LI Shungang, WANG Xianzhi, MU Cunfu[△]

(Department of Thoracic and Cardiac Surgery, Guangyuan Municipal First People's Hospital, Guangyuan, Sichuan 628017, China)

[Abstract] **Objective** To compare the clinical efficacies among three surgical approaches of small incision in the lower segment of the sternum, small incision in the right axilla and thoracoscopic 3 incisions for repairing adult giant atrial septal defects (ASD). **Methods** The medical records of 112 patients with giant ASD undergoing surgical repair in this hospital from January 2018 to January 2024 were retrospectively analyzed. According to the different surgical approaches, the patients were divided into the group A ($n=35$, small incision in the lower part of the sternum), group B ($n=37$, small incision in the right axilla) and group C ($n=40$, thoracoscopic 3 incisions). The general data, operation time, cardiopulmonary bypass time, blood transfusion volume, incision length, postoperative VAS score, postoperative mechanical ventilation time, ICU stay time, postoperative hospitalization duration, hospitalization cost and postoperative complications occurrence rates were compared among the various groups. **Results** There were no statistically significant differences in the operation time, cardiopulmonary bypass time, blood transfusion volume, postoperative mechanical ventilation time, ICU stay time and postoperative hospitalization duration among 3 groups ($P>0.05$). The hospitalization cost in the group C was higher than that in the groups A and group B, the postoperative VAS score in the group B was higher than that in the group A and C, the incision size in the group C was shorter than that in the group A and group B, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). All patients were successfully repaired. The incidence rate of postoperative pulmonary infection in the group A and group C was lower than that in the group B, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** All three surgical approaches could safely and effectively repair adult giant ASD. Different surgical approaches

[△] 通信作者, E-mail: 2422713450@qq.com。

should be selected based on the specific conditions of the patients.

[Key words] atrial septal defect;extracorporeal circulation;right axilla;lower sternum segment;minimal invasion;thoracoscope

房间隔缺损(atrial septal defect, ASD)是最常见的先天性心脏畸形之一, 占所有心脏畸形的 13%^[1-2]。目前, 经导管封堵术已在临床广泛应用, 替代了大部分传统外科手术修复^[3]。然而, 对于巨大型 ASD 伴边缘不完整的患者, 因不适合经导管封堵治疗, 外科手术治疗仍然是其唯一选择^[4]。近年来, 随着心脏微创技术的发展, 许多手术中心已开始使用胸腔镜技术治疗各种心脏疾病, 从而获得更小的创伤, 为患者提供最大的获益^[5-6]。本研究比较 3 种手术入路修复成人巨大 ASD 的临床疗效, 以期为临床提供数据参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性收集 2018 年 1 月至 2024 年 1 月在本院接受手术修复的 112 例 ASD 患者的病历资料。纳入标准: (1) 年龄 > 18 岁; (2) 孤立性巨大 ASD (大于 28 mm × 22 mm), 缺损边缘不完整; (3) 无肺动脉高压或伴有轻度、中度肺动脉高压; (4) 不适合经导管封堵治疗^[7]。排除标准: (1) 伴其他心内畸形; (2) 严重肺动脉高压或艾森曼格综合征; (3) 合并其他器官疾病。患者均常规术前检查, 包括心电图、胸部 DR、常规血液和生化检查等。所有患者的手术由同一组医生进行, 根据手术入路的不同分为 A 组 ($n=35$, 胸骨下段小切口)、B 组 ($n=37$, 右侧腋下小切口) 和 C 组 ($n=40$, 胸腔镜三切口), 3 组患者一般资料比较差异无统计学意义 ($P>0.05$), 见表 1。本研究经医院伦理委员会批准 (审批号: 2022-080)。

表 1 3 组患者一般资料比较

项目	A 组($n=35$)	B 组($n=37$)	C 组($n=40$)
年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)	40.78 $\pm$ 10.03	39.07 $\pm$ 12.17	41.01 $\pm$ 11.87
性别(n)			
男	15	15	19
女	20	22	21
体重($\bar{x}\pm s$, kg)	58.38 $\pm$ 7.72	60.08 $\pm$ 6.52	59.29 $\pm$ 7.38
ASD 大小($\bar{x}\pm s$, mm)			
横向直径	30.50 $\pm$ 8.01	28.55 $\pm$ 9.47	29.09 $\pm$ 7.79
纵向直径	23.67 $\pm$ 4.32	22.51 $\pm$ 5.53	21.89 $\pm$ 6.19
肺动脉压力($\bar{x}\pm s$, mmHg)	36.74 $\pm$ 12.01	39.38 $\pm$ 13.02	38.78 $\pm$ 11.59
高血压(n)	2	3	3
轻中度三尖瓣反流(n)	5	4	6
房颤心律(n)	4	5	5
心胸比例($\bar{x}\pm s$)	0.53 $\pm$ 0.03	0.55 $\pm$ 0.05	0.55 $\pm$ 0.09

1.2 方法

1.2.1 手术方法

A 组采用胸骨下段小切口进行手术。从剑突下向上劈开胸骨到第 2 肋间隙、向右侧横断胸骨, 呈倒 L 型切口。全身肝素化, 升主动脉、上下腔静脉插管, 建立体外循环。转机, 不降温度, 阻断上下腔静脉, 不阻断主动脉, 心脏不停跳, 主动脉根部插入排气针连接体外循环机持续排气。切开右心房, 剪取相同大小涤纶片或自身心包片修补 ASD, 检查无残余分流后缝闭右心房切口, 撤出体外循环, 关闭胸腔, 送 ICU 监护对症治疗。

B 组采用右侧腋下小切口进行手术。左侧 90°卧位, 垫腋枕, 充分展开肋间隙, 右上肢悬吊并固定于头架上。沿右侧腋中线, 第 3~5 肋做弧形或纵形切口, 从第 3 或第 4 肋间隙进入胸腔。距膈神经上缘 2 cm 至升主动脉心包反折、下缘至下腔静脉心包反折 1~2 cm 处切开心包, 充分悬吊心包暴露心脏。建立体外循环, 使用涤纶片修补 ASD, 关闭胸腔后送 ICU 监护对症治疗。

C 组采用胸腔镜三切口进行手术。双腔气管插管, 肝素化, 予右侧颈内静脉置 5F 鞘管备用, 右侧抬高 30°, 消毒铺巾。右侧腹股沟区 5 cm 斜切口, 通过右侧颈内静脉、股动脉、股静脉建立体外循环。右侧锁骨中线与第 4 肋间隙交点为主操作切口 (3~5 cm), 右侧腋前线与第 4 肋间隙交点为胸腔镜切口 (1 cm), 右侧腋前线与第 5 肋间交点为二氧化碳及左心引流管切口 (1 cm)。切开心包并悬吊, 游离上下腔静脉, 放置阻断袋并套索, 升主动脉缝荷包插入灌注针外接灌注管。体外循环机辅助, 阻断上下腔静脉, 不阻断主动脉, 心脏不停跳。切开右心房, 保持血液平面, 使用涤纶片修补 ASD 后关闭右心房切口, 撤出体外循环机, 关闭胸腔及腹股沟切口, 送 ICU 监护对症治疗。

1.2.2 观察指标

收集并分析患者一般资料、手术时间、体外循环时间、术后引流量、输血量、切口长度、术后视觉模拟量表 (visual analogue scale, VAS) 评分、ICU 机械通气时间、ICU 时间、术后住院时间、住院费用和术后并发症发生情况。所有患者在术后 1、3 个月接受体格检查、心电图和超声心动图复查。手术修复成功的标准是 ASD 完全修复, 无残余分流、低心排综合征等并发症的发生。

1.3 统计学处理

采用 SPSS27.0 软件进行统计分析。计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,多组比较采用方差分析,两两比较采用 LSD-*t* 检验;计数资料以例数或百分比表示,比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 围手术期和术后相关指标比较

3 组在手术时间、体外循环时间、ICU 机械通气时间、ICU 时间、术后引流量、输血量、术后住院时间方面比较差异无统计学意义($P>0.05$)。C 组住院费用较 A 组和 B 组高,B 组术后 VAS 评分高于 A 组和 C 组,C 组切口长度明显短于 A 组和 B 组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 2。

2.2 术后并发症发生率比较

所有患者成功修复,A 组和 C 组术后肺部感染的发生率低于 B 组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 3。

表 2 3 组患者围手术期和术后相关指标比较($\bar{x}\pm s$)			
项目	A 组($n=35$)	B 组($n=37$)	C 组($n=40$)
手术时间(min)	182.79±30.28	190.58±25.69	200.25±20.02
体外循环时间(min)	40.19±10.07	43.69±11.23	44.35±12.55
ICU 机械通气时间(h)	8.57±1.98	8.05±1.15	7.45±1.59
ICU 时间(h)	17.78±2.35	18.09±2.55	16.59±2.09
术后引流量(mL)	211.36±70.59	199.21±65.32	179.50±60.78
输血量(mL)	170.56±30.58	160.98±35.11	152.36±30.96
切口长度(cm)	8.10±1.33 ^a	7.69±1.23 ^a	4.22±0.55
术后 VAS 评分	3.59±0.78 ^b	5.56±1.22	3.69±1.01 ^b
术后住院时间(d)	6.15±1.55	6.23±1.78	5.79±1.05
住院费用(万元)	4.25±0.68 ^a	4.35±0.55 ^a	5.07±0.75

^a: $P<0.05$,与 C 组比较;^b: $P<0.05$,与 B 组比较。

表 3 3 组患者术后并发症发生情况比较(n)			
项目	A 组($n=35$)	B 组($n=37$)	C 组($n=40$)
脑血管事件	0	0	0
残余分流	0	0	0
严重心律失常	0	0	0
低心排综合征	0	0	0
皮下气肿	0	0	0
气胸	0	1	0
胸廓畸形	1	0	0
胸腔积液	0	1	1
心包积液	3	2	2
肺部感染	0 ^a	4	2 ^a

^a: $P<0.05$,与 B 组比较。

3 讨 论

心脏疾病外科治疗采用传统胸骨正中切口是最

安全的手术方法,但由于胸部正中切口破坏了胸廓的完整性,切口大,部分患者术后切口瘢痕组织增生严重,影响患者的生活质量^[8]。随着各种介入、微创及胸腔镜等技术的迅速发展,目前很多地区治疗心脏疾病已经开始大规模使用胸腔镜及介入技术,其具有切口隐蔽、创伤小、不破坏胸骨、无瘢痕等优点^[9-10]。

经导管封堵术具有较高的并发症和死亡率,如穿刺血管损伤、封堵器脱落和房室传导阻滞等^[11]。近年来,随着微创和机器人技术的发展,胸腔镜修复 ASD 得到了广泛的发展,因机器人修复 ASD 技术因要求高、成本高尚未普及^[12-13]。对于巨大且无边缘的 ASD 经导管封堵术无法完成,手术修复是唯一的选择^[14]。本研究显示,3 组患者在手术时间、体外循环时间、输血量方面无差异,表明使用不同的手术入路不会增加手术难度^[10]。尽管早期 C 组操作较 A 组和 B 组困难,但熟练以后可以克服这些问题,并变得更加容易^[15]。不阻断升主动脉明显缩短了体外循环时间,心脏切口缝合好后就能直接停机,不需要辅助,避免了心脏缺血再灌注损伤,有利于患者术后恢复。相应的 ICU 机械通气时间、ICU 时间和术后住院时间也几乎相同^[16]。C 组因需特殊器械和耗材,较 A 组和 B 组费用高但也相差不大,费用在可接受范围内^[17]。

3 组患者均未出现严重的并发症,表明这 3 种技术是安全可靠的。3 组患者有少量胸腔和心包积液的发生,但对心脏未见明显影响。B 组的肺部感染发生率和 VAS 评分高于 A 组和 C 组,可能与肺组织反复按压和疼痛有关^[18]。疼痛导致患者不愿意咳嗽和咳痰,从而增加肺部感染的风险^[19]。因此,术前早期戒烟、加强咳嗽、咳痰、吹气球等措施对于提高术后患者正确咳嗽排痰至关重要,从而减少肺部并发症^[20]。在 B 组中,只有 1 例患者在手术后出现气胸,可能与手术中肺组织损伤后未发现有关^[21]。因此,发现肺损伤后应及时修复肺组织。A 组中有 1 例患者胸廓畸形,可能与手术后患者经常侧卧有关^[22]。因此,建议接受正中切口手术的患者在术后平卧 2~3 个月,为了克服这一缺点,胸腔镜或腋下小切口可能是更好的选择^[23]。经过评估后患者外周血管条件差,股动脉钙化重,迂曲,为保障患者安全则建议选择腋下或胸骨下段切口为好^[24]。

不同的手术方法和入路存在不同的风险,因为各种手术入路在暴露心脏和心内结构方面存在不同,并可能损坏相邻结构。A 组切口在横断胸骨时需避免损伤右乳内动脉^[25]。B 组切口为防止纵向皮肤切口后电刀横断肌肉,可使用 2 个甲状腺牵开器沿着肌肉间隙拉开。切开肋间肌时,应尽量靠近下一肋骨的上缘,同时需保护女性的乳房组织,避免损伤肋间动脉、静脉、神经和肺组织。由于成人胸腔较深,麻醉时可

使用双腔气管插管,进胸时单肺通气,可以避免电刀或肺组织挤压伤,减少肺部感染,也能充分暴露心脏^[26]。主动脉、下腔静脉插管、心包切口缝合的心包悬吊术至关重要,在心包的切缘上中下均需缝合悬吊线,用较大力牵引从而使心脏变得更浅,必要时可使用打湿纱布放在左心室后面,从而使位置变浅并完全暴露主动脉根部,为插管创造有利条件^[27]。此外,应注意防止下腔静脉插管对右心房后壁的损伤,出血后止血困难^[28]。在体外循环辅助的 ASD 修复中,应始终注意心房的血液平面,该血液平面应与 ASD 对齐或略低于 ASD,但不低于二尖瓣平面或者在术区充满二氧化碳,以避免空气栓塞^[29]。

3 种入路修复成人巨大 ASD 具有令人满意的临床疗效和较少的并发症,腋下和胸腔镜切口隐蔽性更好。考虑到患者安全,心脏外科医生应根据患者的年龄、性别、体重和美容需求选择不同的切口^[29-30]。

本研究局限性:首先,这是一项回顾性研究,而非随机对照前瞻性研究,患者分组可能存在选择偏倚,但其结果仍具有特定的临床意义。其次,本研究是单中心分析,样本量较小,需要进一步的长期随访结果来证实本研究的结果。

参考文献

- [1] GRIESHABER P, JASCHINSKI C, FARAG M, et al. Surgical treatment of atrial septal defects[J]. *Rev Cardiovasc Med*, 2024, 25(10): 350.
- [2] 王瑞琛. 房间隔缺损微创治疗的疗效分析[D]. 长春:吉林大学, 2023.
- [3] SHRIVASTAVA S, SHRIVASTAVA S, ALLU S V V, et al. Transcatheter closure of atrial septal defect: a review of currently used devices[J]. *Cureus*, 2023, 15(6): e40132.
- [4] EL-ANDARI R, MOOLLA M, JOHN K, et al. Outcomes following surgical repair of sinus venosus atrial septal defects: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Am Heart Assoc*, 2024, 13(12): e033686.
- [5] 周奇, 韩宇, 宋书波, 等. 微创封堵治疗房间隔缺损的临床进展[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2021, 28(12): 1508-1512.
- [6] HARDMAN G, ZACHARIAS J. Minimal-access atrial septal defect (ASD) closure[J]. *J Cardiovasc Dev Dis*, 2023, 10(5): 206.
- [7] 李晓密, 王镇龙, 兰怀, 等. 全胸腔镜下房间隔缺损修复术的舒适性评价[J]. *中国微创外科杂志*, 2024, 24(5): 327-333.
- [8] KONSTANTINOV I E, BOCCHETTA N, FRICKE T A. Atrial septal defect closure via a partial lower ministernotomy [J]. *Multimed Man Cardiothorac Surg*, 2025, 22: 2025.
- [9] BHATTARAI A, SHAH S, RANABHAT K, et al. Mini-thoracotomy approach for heart surgery in tertiary care hospital of Nepal[J]. *J Nepal Health Res Counc*, 2024, 22(2): 430-436.
- [10] 刘琳, 陈甜园, 鲍洁. 全腔镜与右胸小切口房间隔缺损修补术效果的回顾性队列研究[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2022, 29(4): 463-466.
- [11] KHOSRAVI A, MIRBOD S M, BOSHTAM M, et al. Various techniques for transcatheter retrieval of the atrial septal defect or patent foramen ovale closure devices: a systematic review[J]. *J Invasive Cardiol*, 2024, 36(4): e00290.
- [12] DANG H Q, NGUYEN H C, LE T N. Totally endoscopic atrial septal defect repair on beating heart: clinical outcome and single-surgeon learning curve experience[J]. *Innovations (Phila)*, 2023, 18(6): 574-582.
- [13] 张业凡, 朱征, 童继春, 等. 达芬奇机器人在心脏手术中的应用现状及展望[J/CD]. *手术电子杂志*, 2023, 10(1): 64-68.
- [14] 赵寅生, 张辉, 郑楠, 等. 全胸腔镜与正中开胸行房间隔缺损修补术的疗效及安全性比较[J]. *国际心血管病杂志*, 2024, 51(5): 325-328.
- [15] SHEISHENOV Z, KEMELBEKOV K, JOSHI BAEV S, et al. Comparative analysis of the clinical results of patients with asd operated via right anterior minithoracotomy and median sternotomy[J]. *Georgian Med News*, 2024, (352/353): 83-88.
- [16] WANG X, SUN H, MA B, et al. Thoracoscopic closure of atrial septal defect in perfused beating hearts[J]. *Surg Endosc*, 2025, 39(1): 341-348.
- [17] 高开柱, 李小波, 李庆国, 等. 四种方法治疗继发孔房间隔缺损的比较[J]. *心肺血管病杂志*, 2019, 38(4): 399-402.
- [18] VERMA B R, KUMAR A, FURQAN M, et al. Post-cardiac injury syndrome after surgical repair of atrial septal defect: reporting a rare occurrence[J]. *Echocardiography*, 2023, 40(8): 879-883.
- [19] 李俊峰, 徐学增, 赵琳, 等. 全胸腔镜下治疗 152

例成人继发孔型房间隔缺损的长期随访研究[J]. 中国体外循环杂志, 2020, 18(1): 30-33.

[20] LEE H, YANG J H, JUN T G, et al. The mid-term results of thoracoscopic closure of atrial septal defects[J]. Korean Circ J, 2017, 47(5): 769-775.

[21] 伊力亚尔江·阿卜杜尼亚孜. 完全胸腔镜与正中开胸手术治疗房间隔缺损的对比研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2021.

[22] EVSEEV P E, BALAKIN V E, AIDAMIROV A I, et al. Immediate outcomes of simultaneous Cox-Maze procedure in patients with isolated and multivalvular heart defects via right mini-thoracotomy[J]. Khirurgiia, 2024, 12(2): 18-24.

[23] 郑楠, 管涛, 曲毅. 不同入路房间隔缺损修补术后患者心脏结构近期改变的比较[J]. 中南医学科学杂志, 2024, 52(1): 98-101.

[24] 徐辰雨, 李文琪, 姜博, 等. 经右侧肋间微创切口在先天性心脏病外科治疗的效果分析[J]. 宁夏医学杂志, 2025, 47(1): 24-26.

[25] 王文杰, 雷雨, 陶杰, 等. 右腋下小切口及正中开胸在房间隔缺损修补术中的效果对比[J]. 云南医药, 2023, 44(1): 17-20.

[26] TANG Y, WU Y, ZHU J, et al. Total endoscopic repair of atrial septal defect under on-pump beating heart[J]. J Thorac Dis, 2018, 10(12): 6557-6562.

[27] ZHENG X X, WANG Z Y, MA L Y, et al. Triport periareolar thoracoscopic surgery versus right minithoracotomy for repairing atrial septal defect in adults[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2021, 32(2): 313-318.

[28] SATYAPRIYA M, ARVIND P, AHMAD F M, et al. Bleeding from left atrial appendage during atrial septal defect closure through right anterolateral thoracotomy: an unusual complication[J]. Cureus, 2023, 15(1): e34138.

[29] LIU Y, LIU Z, LI X, et al. Total thoracoscopic versus robotic surgery for repair of atrial septum defect: a propensity matching score analysis[J]. Emerg Med Int, 2022, 2022: 5371493.

[30] NORIYOSHI E, HIDETSUGU A, YOSUKE A, et al. Cosmetic and shoulder functional outcomes in posterolateral minithoracotomy atrial septal defect closure: a retrospective study[J]. J Card Surg, 2022, 37(12): 4797-4802.

(收稿日期: 2024-12-04 修回日期: 2025-06-23)
(编辑: 唐 璞)

(上接第 2141 页)

[11] VAN HERK M. Errors and margins in radiotherapy[J]. Semin Radiat Oncol, 2004, 14(1): 52-64.

[12] HEIMANN T, MEINZER H P. Statistical shape models for 3D medical image segmentation: a review[J]. Med Image Anal, 2009, 13(4): 543-563.

[13] TAN W, LI Y, HAN G, et al. Target volume and position variations during intensity-modulated radiotherapy for patients with nasopharyngeal carcinoma[J]. Oncol Targets Ther, 2013, 6: 1719-1728.

[14] 梁卫学, 韦顺文, 李代学, 等. 基于 CBCT 的体表标记点辅助配准方法在体部肿瘤放疗摆位中的应用研究[J]. 现代肿瘤医学, 2022, 30(11): 2046-2050.

[15] 罗翼, 胡项英, 廖志春, 等. 应用正态分布方法研究各部位肿瘤放射治疗摆位误差及 PTV 的外放边界[J]. 医疗装备, 2019, 32(1): 22-24.

[16] 于大海, 刘凌, 任洪荣, 等. 电子射野影像系统在放射治疗摆位中的临床应用[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2010, 17(6): 461-463.

[17] 林明. 肺癌调强放疗中摆位误差分析及 CTV-PTV 外放边界的研究[J]. 医学理论与实践, 2022, 35(22): 3840-3842.

[18] 胡永, 曾昭冲, 张建英, 等. 头颈部肿瘤螺旋断层放疗中的 CTV-PTV 边界大小分析[J]. 实用肿瘤杂志, 2012, 27(4): 411-413.

[19] 白逸川, 江明祥, 时建芳, 等. 头颈部肿瘤调强放疗摆位误差和边界优化分析[J]. 浙江临床医学, 2021, 23(3): 335-337.

[20] 王银亮, 王慧涛, 郑安平, 等. TOMO-HD 图像引导不同部位肿瘤放疗摆位误差的研究[J]. 中国辐射卫生, 2021, 30(3): 331-338.

(收稿日期: 2025-02-20 修回日期: 2025-06-19)
(编辑: 成 卓)