

卓越医见:手术机器人和机器人手术

DOI:10.13406/j.cnki.cyx.004031

## 机器人全孔道前上纵隔巨大肿瘤切除术: 肋间与剑突下入路的对比研究

陶绍霖<sup>1</sup>,周于钦<sup>1</sup>,康珀铭<sup>1</sup>,齐东东<sup>1</sup>,张祖旺<sup>1</sup>,刘 训<sup>1</sup>,罗 艺<sup>1</sup>,邓 波<sup>2</sup>,谭群友<sup>1</sup>

(1.重庆医科大学附属大学城医院胸外科,重庆 401331;2.陆军军医大学大坪医院胸外科,重庆 400042)

**【摘要】目的:**比较机器人辅助全孔道手术中经肋间与剑突下2种入路用于治疗前上纵隔巨大肿瘤(直径 $\geq 5$  cm)的围术期及随访结果,为临床手术入路选择提供依据。**方法:**回顾性分析2017年1月至2023年4月由陆军军医大学大坪医院胸外科同一团队完成的150例机器人全孔道前上纵隔巨大肿瘤切除术患者的临床资料。根据手术入路分为肋间组( $n=86$ )和剑突下组( $n=64$ )。收集并比较2组患者基线资料、术中指标(手术时间、Docking时间、机器人操作时间、出血量、中转开胸率、淋巴结清扫数目)、术后恢复情况(疼痛评分、引流时间、并发症、住院时间)及肿瘤学随访结果。**结果:**2组基线资料差异无统计学意义( $P>0.05$ )。肋间组总手术时间和机器人操作时间显著短于剑突下组[(107.51 $\pm$ 44.13) min vs. (140.31 $\pm$ 34.48) min,  $P<0.001$ ; (54.20 $\pm$ 31.19) min vs. (75.12 $\pm$ 27.03) min,  $P<0.001$ ]。剑突下组术后疼痛评分更低(3.99 $\pm$ 0.99 vs. 4.97 $\pm$ 1.08,  $P<0.001$ ),淋巴结清扫数目更多[(5.20 $\pm$ 3.07)枚 vs. (3.13 $\pm$ 2.15)枚,  $P=0.012$ ]。2组在术中出血量、中转开胸率及总体并发症发生率上差异无统计学意义( $P>0.05$ )。中位随访38个月,2组生存及复发率差异无统计学意义。**结论:**机器人辅助切除前上纵隔巨大肿瘤时,经肋间入路与更短的手术时间相关,更适合偏侧性肿瘤;经剑突下入路有助于减轻术后疼痛并实现更彻底的淋巴结清扫,更适合中线或需双侧清扫的肿瘤。术者应根据肿瘤解剖特点、技术熟练度及患者康复需求个体化选择手术入路。

**【关键词】**机器人外科手术;纵隔肿瘤;胸腺扩大切除术;手术入路**【中图分类号】**R61**【文献标志码】**A

## Robot-assisted total portal resection of large anterosuperior mediastinal tumors: a comparative study of the intercostal approach versus the subxiphoid approach

Tao Shaolin<sup>1</sup>, Zhou Yuqin<sup>1</sup>, Kang Poming<sup>1</sup>, Qi Dongdong<sup>1</sup>, Zhang Zuwang<sup>1</sup>, Liu Xun<sup>1</sup>, Luo Yi<sup>1</sup>, Deng Bo<sup>2</sup>, Tan Qunyou<sup>1</sup>

(1.Department of Thoracic Surgery, University-Town Hospital of Chongqing Medical University;

2.Department of Thoracic Surgery, Daping Hospital, Army Medical University)

**【Abstract】Objective:** To compare the perioperative and follow-up outcomes between the intercostal approach and the subxiphoid approach in robot-assisted total portal resection of large anterosuperior mediastinal tumors (with a diameter of  $\geq 5$  cm), and to provide a basis for selecting the optimal surgical approach in clinical practice. **Methods:** A retrospective analysis was performed for the clinical data of 150 patients who underwent robot-assisted total portal resection of large anterosuperior mediastinal tumors by a single surgical team in Department of thoracic surgery, Daping Hospital, Army Medical University, from January 2017 to April 2023. According to the surgical approach, the patients were divided into intercostal group with 86 patients and subxiphoid group with 64 patients. The two groups were compared in terms of baseline data, intraoperative parameters (time of operation, docking time, time of robot-assisted operation, blood loss, rate of conversion to thoracotomy, and number of dissected lymph nodes), postoperative recovery (pain score, duration of drainage, complications, and length of hospital stay), and oncological follow-up results. **Results:** There were no significant differences in baseline data between the two groups ( $P>0.05$ ). Compared with the subxiphoid group, the intercostal group had a significantly shorter total time of operation[(107.51 $\pm$ 44.13) min vs. (140.31 $\pm$ 34.48) min,  $P<0.001$ ] and a significantly shorter time of robot-assisted operation[(54.20 $\pm$ 31.19) min vs. (75.12 $\pm$ 27.03) min,  $P<0.001$ ]. Compared with the intercostal group, the subxiphoid group had a significantly lower postoperative pain score(3.99 $\pm$ 0.99 vs. 4.97 $\pm$ 1.08,  $P<0.001$ ) and a significantly higher number of dissected lymph nodes(5.20 $\pm$ 3.07 vs. 3.13 $\pm$ 2.15,  $P=0.012$ ). There were no significant differences between the two groups in blood loss, the rate of conversion to thoracotomy, and the overall incidence rate of complications( $P>0.05$ ). The median follow-up time was 38 months, and there were no significant differences in survival and recurrence

作者介绍:陶绍霖,Email:taoshaolin2004@163.com,

研究方向:纵隔肿瘤及重症肌无力精准微创诊治。

通信作者:谭群友,Email:tanqy001@163.com。

基金项目:重庆市科卫联合医学科研项目面上资助项目(编号:2025MSXM142)。

优先出版:https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20260119.1118.012  
(2026-01-20)

rates between the two groups. **Conclusion:** For robot-assisted resection of large anterosuperior mediastinal tumors, the intercostal approach is associated with a shorter time of operation and is more suitable for lateralized tumor, whereas the subxiphoid approach can help to alleviate postoperative pain and achieve a more thorough lymph node dissection and is thus more suitable for midline tumors or tumors requiring bilateral dissection. Surgeons should select the appropriate surgical approach based on tumor anatomy, surgical proficiency, and patient recovery expectations.

**【Key words】**robot-assisted surgical procedure; mediastinal tumor; extended thymectomy; surgical approach

前上纵隔是胸部肿瘤的常见发病部位,解剖结构复杂,紧邻心脏、大血管、神经及肺组织等重要结构,外科手术一直是该区域肿瘤最主要且最有效的治疗手段<sup>[1-2]</sup>。传统开放手术虽可提供良好术野显露,但创伤大、术后恢复周期长<sup>[3]</sup>。随着微创技术的发展,胸腔镜手术(video-assisted thoracoscopic surgery, VATS)已成为前纵隔肿瘤微创切除的常用方式<sup>[4-7]</sup>。然而,对于直径 $\geq 5$  cm的巨大纵隔肿瘤,常规VATS仍面临显著挑战,包括操作空间受限、器械相互干扰、视野显露不足,以及对周边重要结构处理风险较高,容易导致术中中转开胸或副损伤<sup>[8]</sup>。

在此背景下,机器人辅助胸外科手术(robotic-assisted thoracoscopic surgery, RATS)作为微创外科的重要进展,为复杂纵隔肿瘤的切除提供了新的技术突破<sup>[9]</sup>。其具备的三维高清视野、7自由度仿真腕器械及震颤过滤功能,显著提高了在狭小空间内操作的精确度与稳定性,已成为前上纵隔肿瘤外科的有力工具<sup>[10]</sup>。手术入路的选择是影响手术效果的关键因素之一,目前RATS手术主要采用经肋间与经剑突下2种入路方式<sup>[11]</sup>。经肋间入路路径直接、视角符合传统习惯,有利于处理单侧肺门及膈神经区域;但其对胸腺双上极区域、对侧膈神经旁及心膈角脂肪的显露较差,且易损伤肋间神经,增加术后疼痛风险,影响患者早期康复。相比之下,经剑突下入路可避免肋间神经损伤,术后疼痛较轻,其中线视角也有利于双侧纵隔结构的显露与整体清扫;然而该入路建立操作通道的技术要求较高、学习曲线陡峭,在处理上极肿瘤或与大血管关系密切的病变时,仍存在显露不足和器械干扰的挑战<sup>[12-13]</sup>。目前,针对2种入路在治疗前上纵隔巨大肿瘤(通常定义为直径 $\geq 5$  cm)中的对比评价,仍缺乏高级别的循证医学证据。二者在围术期安全性、肿瘤切除完整性、术后疼痛控制及长期生活质量等方面的差异,尚需通过更多前瞻性研究及荟萃分析予以明确。

本研究通过回顾性分析本中心开展的机器人全孔道手术病例,系统比较经肋间与剑突下2种入路治疗前上纵隔巨大肿瘤的围术期指标及随访结果,以期手术入路的个体化选择提供实证依据,

推动临床手术策略的进一步优化与标准化。

## 1 材料与方法

### 1.1 临床资料

连续纳入陆军军医大学大坪医院胸外科单一手术团队自2017年1月至2023年4月采用机器人全孔道前上纵隔(肿瘤直径 $\geq 5$  cm)肿瘤切除150例患者的临床资料,其中男性86例,女性64例,中位年龄51(21~80)岁。80例(53.3%)患者无临床症状,经体检胸部CT发现病变;70例(46.7%)患者有症状,其主要症状:眼睑下垂( $n=21$ )、胸痛( $n=14$ )、四肢无力( $n=12$ )、咳嗽咳痰( $n=12$ )、呼吸困难或胸闷气促( $n=9$ );意识障碍及声音嘶哑各1例。共38例(25.3%)患者伴有重症肌无力。12例(8.0%)有肿瘤病史。35例(23.3%)合并基础疾病,包括高血压( $n=10$ )、糖尿病( $n=9$ )、冠心病( $n=8$ ),其余为既往肺结核( $n=2$ )、带状疱疹、脑梗塞、胸外伤、白内障、甲亢及心律失常(各 $n=1$ )。

术前所有患者均接受胸部增强CT检查,用于明确肿瘤解剖位置、大小及其与周边血管和脏器的毗邻关系。同时行心电图及肺功能评估,以全面排除手术禁忌证并确认患者耐受能力。系统性呼吸道准备包括严格戒烟2周以上,指导有效咳嗽、深呼吸及平卧位排痰训练,并辅以雾化吸入治疗(如使用支气管解痉剂和化痰药物)。合并重症肌无力的患者,依据临床分型实施个体化术前管理:全身型(Osserman分型)患者需精确调整胆碱酯酶抑制剂剂量;长期使用糖皮质激素或曾有冲击治疗史者,应将激素逐步减量至最低有效剂量或完全停药。存在感染的患者须待感染彻底控制后方可手术。术前使用免疫抑制剂者需停药不少于2周,并确认肝肾功能及血常规指标处于正常范围。肌无力危象患者应在呼吸循环功能稳定后择期手术。所有患者术前均按常规留置胃管。

纳入标准:①年龄 $\geq 18$ 周岁, $\leq 80$ 周岁,男女不限;②经影像学或病理学诊断为前上纵隔肿瘤或胸腺瘤患者;③术前相关检查未提示肿瘤侵犯大血管、心包及肺组织者;④无远处转移,具备完整手术切除指征;⑤无严重心肺功能障碍、凝血功能障碍等。排除标准:①术前经影像学评估,肿瘤最大直径 $< 5$  cm;②存在严重合并症(心、肺、肝、脑、肾等疾病)或体质虚弱不能耐受全身麻醉或手术者;③有严重出血倾向或凝血功能障碍性疾病者;④处于传染病活动期或存在其他重度非传染病感染者;⑤人类免疫缺陷病毒(human immunodeficiency virus, HIV)抗体阳性者;梅毒螺旋体阳性患者;⑥严重过敏体质,怀疑或确定有酒精、药物或毒品成瘾性者;⑦伴有癫痫或精神病史或有认知障碍者;⑧妊娠期、哺乳期或计划在试验期间怀孕的女性;⑨同期合并行肺手术者。

本研究已通过中国人民解放军陆军特色医学中心伦理审查委员会,批准号:医研伦审(2022)第234号。

## 1.2 手术方法

手术均在全麻(静脉复合麻醉)、单腔气管插管及人工气胸下进行。根据肿瘤主体位置及影像学特点个体化选择手术入路(肋间或剑突下)。手术均选择前上纵隔肿瘤切除+胸腺切除+前纵隔脂肪清扫+淋巴结清扫术(常规术式);对于累及可切除的周围血管、心包及肺组织行相应切除(扩大切除)。

**肋间入路:**患者取仰卧位,患侧胸背部以软垫抬高约45°。采用机器人三臂四孔操作布局,包括1个镜孔、2个机械臂孔及1个辅助操作孔。具体切口定位如下:镜孔位于锁骨中线与腋前线之间第5肋间;两机械臂孔分别设于锁骨中线第5肋间及腋前线第3肋间;辅助孔位于腋中线第6肋间。首先经镜孔建立人工气胸,在胸腔镜直视引导下依次精确置入其余Trocar,完成机器人系统对接(Docking),床旁机械臂系统从患者头肩部进入。术者左手控制双极抓钳,右手操控单极电钩。手术自膈神经内侧切开纵隔胸膜起始,由胸腺下极向上方精细游离,注意辨识并凝闭回流入无名静脉的胸腺静脉属支,全程保护膈神经及周边重要血管结构。继而打开胸骨后间隙,完成对侧胸腺游离及系统性纵隔脂肪清扫(图1A1~A5)。**剑突下入路:**患者取平卧位,胸骨后方以软垫适度垫高。剑突下切口位置相对固定,镜孔与两器械臂孔呈等腰三角形布局,其顶点指向胸腺及纵隔脂肪组织的体表投影。置入穿刺器时应向上提起,避免损伤深面心脏。以钝性方式分离胸骨后隧道,依次置入Trocar,连接机器人系统,建立并维持CO<sub>2</sub>人工气胸,床旁机械臂系统从患者头部进入。术中打开双侧纵隔胸膜,自心膈角起向头侧游离至胸廓入口,清晰显露双侧膈神经、无名静脉及胸腺静脉,并予相应处理,整体清扫前纵隔及双侧肺门区域脂肪组织(图1B1~B5)。术中应充分利用机器人器械优势,通过牵引、压迫等辅助手法良好显露术野,遵循“由易至难、从开阔到狭窄”的解剖原则,逐步推进分离操作。切除标本完整装入标本袋取出。术野彻底止血,必要时应用止血材料覆盖创面,最后根据术中情况决定是否放置引流管。

## 1.3 围术期观察指标

分别从以下几个方面评估围术期情况。①患者基本资料:性别、年龄;②临床特征:临床症状、合并基础疾病;③肿瘤相关信息:肿瘤大小、位置、影像学特征;④手术相关指标:手术方式、Docking时间、机器人纯操作时间、总手术时长、术中出血量、术中转开胸情况;⑤术后恢复指标:胸腔引流管留置时间、总引流量、视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)疼痛评分(术后7 d内均由护士独立评估,评分范围0~10分,取平均值)与镇痛方案(所有患者接受同一镇痛方案:术后静脉氟比洛芬酯50 mg bid+患者自控镇痛泵)、并发症(包括具体类型)、术后住院时间;⑥延迟拔管标准:气管插管保留时间>24 h为“延迟拔管”;“>72 h”为术后3 d仍未能拔管。⑦淋巴结清扫策略:所有患者行系统性前纵隔淋巴结清扫,包括胸腺周围、前纵隔及心膈角淋巴结,并记录清扫站数及总数目。⑧随访结果:随访时间及肿瘤学结局。

## 1.4 统计学方法

所有数据分析均使用SPSS 22.0软件完成。计量资料以均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,组间比较采用 $t$ 检验或Wilcoxon秩和检验;计数资料以频数和百分比(%)描述,组间比较采用卡方检验或Fisher精确检验。为进一步控制因非随机分组带来的潜在混杂偏倚,对主要连续结局指标进行多元线性回归分析。对生存和复发结局按病理类型进行分层分析,并使用Kaplan-Meier曲线和Log-rank检验比较。对无复发生存期(recurrence free survival, RFS)和总生存期(overall survival, OS)进行Cox比例风险模型分析,调整病理类型、Masaoka分期、扩大切除等因素。所有假设检验均为双侧,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 RATS前上纵隔巨大肿瘤切除患者围术期结果

全组病例均顺利完成手术,2例(1.4%)患者术中出現心律失常和出血等非计划事件,3例(2%)中转开胸,无围术期死亡。手术中位时间115(30~275)min;中位出血量50(50~1 000)mL。术中因肿瘤侵犯心包、左侧无名静脉或部分肺组织行扩大切除30例(20%),其中扩大行无名静脉成形术+肺楔形切除10例,无名静脉成形+心包部分切除+肺楔形切除术5例,无名静脉成形术+肺楔形切除+上腔静脉成形术1例,心包部分切除+肺楔形切除1例,单纯无名静脉成形术2例,心包部分切除6例,肺楔形切除5例。术后病理证实均为胸腺来源恶性肿瘤。术后15例(10%)患者出现并发症,其中肌无力危象2例,气胸3例,胸腔积液6例,再次出血1例,声音嘶哑1例,切口感染1例,肺栓塞1例,均经过综合治疗康复出院。术后随访中位38(2~65)个月,平均(37.43±16.71)个月,失访12例,6例复发转移,3例死亡(表1)。

### 2.2 “肋间”和“剑突下”入路2组患者的临床基线资料

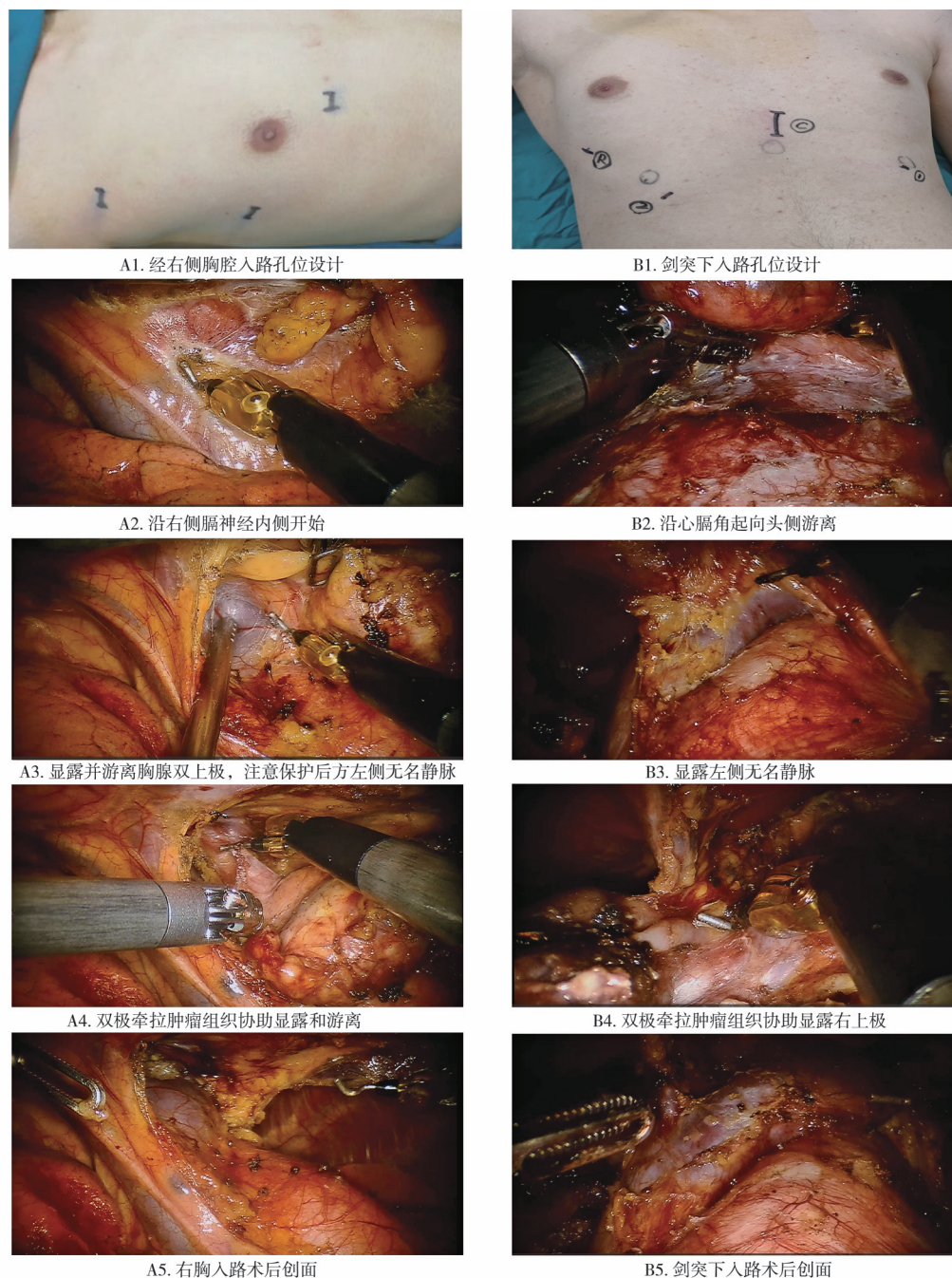
采用肋间入路86例,剑突下入路64例。2组在性别、年龄,是否合并重症肌无力,重症肌无力Osserman分型,合并基础疾病,术前胸部CT显示肿瘤的最大直径,在常规术式基础上是否因肿瘤侵犯心包、左侧无名静脉或部分肺组织行扩大切除,术后病理分类、组织分型以及Masaoka分期等方面差异无统计学意义( $P>0.05$ ),具有可比性(表2)。

### 2.3 “肋间”和“剑突下”入路术中情况对比

2组患者均顺利完成手术,无围术期死亡病例。2组患者在机器人Docking时间、术中出血量方面差异无统计学意义( $P>0.05$ )。而在手术时间、机器人腔内操作时间方面,经肋间入路明显优于经剑突下入路,2组差异有统计学意义( $P<0.05$ )。然而,在淋巴结清扫个数方面,经剑突下入路优于经肋间入路,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。另外,在术中安全性方面,虽然术中非计划事件及中转开胸,整体发生率,2组差异无统计学意义( $P>0.05$ ),但经肋间入路术中出現1例严重心律失常和循环不稳定,以及1例出血情况;同时经肋间组出現3例患者中转开胸(表3)。

### 2.4 “肋间”和“剑突下”入路术后恢复情况

2组患者在术后带胸腔引流管时间、术后胸腔引流液总量及术后住院时间均差异无统计学意义( $P>0.05$ )。在术后



注:A1~A5,经右肋间入路操作步骤;B1~B5,经剑突入路操作步骤

图1 不同入路机器人全孔道前上纵隔巨大肿瘤切除

气管插管拔管时间方面,经肋间入路术后延迟拔管9.3%,而剑突下入路组延迟拔管率为25%,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );然而,在术后延迟拔除气管插管超72 h方面,2组差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。术后并发症方面,经肋间入路术后出现肌无力危象2例,气胸3例,胸腔积液2例,出血1例,声音嘶哑1例,切口感染1例,肺栓塞1例,而剑突下入路出现胸腔积液4例,2组差异无统计学意义( $P > 0.05$ )(表4)。

### 2.5 手术入路与围术期结果及肿瘤学结局关联分析

进一步将主要连续结局指标进行线性回归分析,结果显示,与肋间入路相比,剑突下入路与总手术时间( $\beta = 34.48, P <$

$0.001$ )及机器人操作时间( $\beta = 24.20, P < 0.001$ )的显著延长独立相关。在术后疼痛方面,剑突下入路展现出显著优势( $\beta = -0.98, P < 0.001$ )。同时,剑突下入路与更多的淋巴结清扫个数独立相关( $\beta = 2.08, P = 0.023$ )另外,Masaoka III期和IV期是总手术时间的独立预测因素( $\beta = 40.38, P = 0.010; \beta = 36.16, P = 0.016$ )。胸腺癌与更高的术后疼痛评分相关( $\beta = 0.94, P = 0.023$ ),而胸腺肉瘤化癌则与更长的机器人操作时间相关( $\beta = 49.81, P = 0.036$ )(表5)。

术后中位随访时间38个月,平均( $37.43 \pm 16.71$ )个月,失访12例,6例复发转移,3例死亡,其中肋间入路组中位随

表 1 RATS 全组围术期主要观察指标( $\bar{x} \pm s; n, \%$ )

临床资料		RATS 全组 (n=150)
手术时间(min)	手术时间	121.50 ± 43.35
	Docking 时间	5.38 ± 3.51
	机器人操作时间	63.83 ± 31.06
出血量(mL)		48.46 ± 43.86
术式(扩大切除)	无名静脉成行术	2(1.3)
	心包部分切除	6(4.0)
	肺楔形切除	5(3.3)
	无名静脉成行,心包部分切除、肺楔形切除术	5(3.3)
	无名静脉成行术+肺楔形切除	10(6.7)
	心包部分切除+肺楔形切除	1(0.7)
	无名静脉成行术+肺楔形切除+上腔静脉成行	1(0.7)
中转开胸		3(2.0)
术中非计划事件	心律失常	1(0.7)
	出血	1(0.7)
	胸腺瘤	126(84.0)
病理结果	胸腺癌	22(14.7)
	胸腺肉瘤化癌	2(1.30)
	24 h 内	126(84.0)
气管插管拔管时间	延迟 48~72 h 内	18(12.0)
	超过 72 h	6(4.0)
	术后 7 d 疼痛评分	4.55 ± 1.15
术后恢复情况	术后带引流管时间(d)	4.13 ± 2.39
	术后引流液量(mL)	776.51 ± 640.63
	术后住院时间(d)	6.97 ± 3.49
	是	15(10.0)
并发症	否	135(90.0)
	随访时间(月)	37.43 ± 16.71

表 2 2 组入路的临床病例基线资料( $\bar{x} \pm s; n, \%$ )

资料		肋间入路 (n=86)	剑突下入路 (n=64)	$\chi^2/F$ 值	P 值
性别	男	54(62.8)	32(50.0)	2.454	0.117
	女	32(37.2)	32(50.0)		
年龄(岁)		50.59 ± 13.54	50.19 ± 13.31	0.033	0.855
是否合并 MG	是	18(20.9)	20(31.3)	2.066	0.151
	否	68(79.1)	44(68.8)		
Osserman 分型	I	6(35.3)	12(60.0)	3.254	0.196
	II	8(47.1)	4(20.0)		
	III	3(17.6)	4(20.0)		
基础疾病	有	23(48.9)	24(51.1)	1.973	0.160
	无	63(61.2)	40(38.8)		
肿瘤最大直径(cm)		6.93 ± 1.79	6.46 ± 1.67	2.636	0.107
是否扩大术式	是	18(20.9)	12(18.8)	0.109	0.741
	否	68(79.1)	52(81.3)		
术后病理	胸腺瘤	74(86.0)	52(81.3)	2.858	0.240
	胸腺癌	10(11.6)	12(18.8)		
	胸腺肉瘤化癌	2(2.4)	0(0.0)		
病理组织类型	A	11(12.8)	4(6.3)	3.894	0.565
	AB	20(23.3)	12(18.8)		
	B1	6(7.0)	8(12.5)		
	B2	30(34.9)	24(37.5)		
	B3	7(8.1)	4(6.3)		
	C	12(14)	12(18.8)		
Masaoka 分期	I	48(55.8)	32(50.0)	2.830	0.419
	II	20(23.3)	16(25.0)		
	III	9(10.5)	12(18.8)		
	IV	9(10.5)	4(6.3)		

表 3 2 组患者术中情况对比( $\bar{x} \pm s$ )

项目	肋间入路(n=86)	剑突下入路(n=64)	$\chi^2/F$ 值	P 值
手术时间(min)	107.51 ± 44.13	140.31 ± 34.48	24.299	0.000
Docking时间(min)	5.10 ± 3.37	5.75 ± 3.68	1.244	0.267
机器人操作时间(min)	54.20 ± 31.19	75.12 ± 27.03	17.548	0.000
术中出血量(mL)	75.17 ± 120.92	75.00 ± 84.70	0.000	0.992
淋巴结清扫个数(枚)	3.13 ± 2.15	5.20 ± 3.07	6.902	0.012
中转开胸	是 3(3.5) 否 83(96.5)	0(0.0) 64(100.0)	2.278	0.131
术中非计划事件	是 2(2.3) 否 84(97.7)	0(0.0) 64(100.0)	1.508	0.470

表 4 2 组患者术后恢复情况对比( $n, %; \bar{x} \pm s$ )

项目	肋间入路(n=86)	剑突下入路(n=64)	$\chi^2/F$ 值	P 值
术后是否延迟拔除气管插管	是 8(9.3) 否 78(90.7)	16(25) 48(75)	6.728	0.009
术后延迟拔除气管插管超 72 h	是 2(2.3) 否 84(97.7)	4(6.3) 60(93.8)	1.472	0.225
术后 7 d VAS 评分	4.97 ± 1.08	3.99 ± 0.99	32.227	0.000
术后带引流管时间(d)	4.06 ± 2.34	4.25 ± 2.48	0.189	0.665
术后引流液量(mL)	830.74 ± 631.39	685.00 ± 652.33	1.567	0.213
并发症	是 11(12.8) 否 75(87.2)	4(6.3) 60(93.8)	1.744	0.187
术后住院时间(d)	6.89 ± 3.77	7.06 ± 3.12	0.083	0.773

表 5 主要连续结局指标进行线性回归分析

项目	总手术时间		机器人操作时间		术后 7 d 疼痛评分(VAS)		淋巴结清扫个数	
	$\beta$ (95%CI)	P	$\beta$ (95%CI)	P	$\beta$ (95%CI)	P	$\beta$ (95%CI)	P
手术入路								
肋间入路	0.00(Reference)		0.00(Reference)		0.00(Reference)		0.00(Reference)	
剑突下入路	34.48(21.88~47.07)	<.001	24.20(14.56~33.85)	<.001	-0.98(-1.32~-0.64)	<.001	2.08(0.37~3.80)	0.023
扩大切除术								
否	0.00(Reference)		0.00(Reference)		0.00(Reference)		0.00(Reference)	
是	12.09(-5.25~29.44)	0.174	8.88(-4.77~22.53)	0.205	0.08(-0.39~0.55)	0.739	-1.18(-3.48~1.11)	0.319
Masaoka 分期								
I	0.00(Reference)		0.00(Reference)		0.00(Reference)		0.00(Reference)	
II	-9.71(-24.71~5.29)	0.207	-10.98(-22.68~0.71)	0.068	-0.38(-0.79~0.03)	0.068	-1.26(-3.65~1.13)	0.309
III	40.38(10.08~70.68)	0.010	6.29(-16.51~29.08)	0.590	-0.88(-1.70~-0.06)	0.038	0.35(-4.17~4.87)	0.880
IV	36.16(7.18~65.15)	0.016	6.84(-15.12~28.80)	0.543	-0.53(-1.31~0.26)	0.191	1.15(-2.75~5.06)	0.567
病理类型								
胸腺瘤	0.00(Reference)		0.00(Reference)		0.00(Reference)		0.00(Reference)	
胸腺癌	-21.79(-51.46~7.87)	0.152	-11.64(-34.09~-10.81)	0.312	0.94(0.14~1.75)	0.023	-0.73(-4.71~3.26)	0.722
胸腺肉瘤化癌	1.60(-60.27~63.48)	0.960	49.81(3.66~95.96)	0.036	1.50(-0.17~3.18)	0.081	-2.74(-9.76~4.29)	0.451
肿瘤最大直径	3.17(-0.53~6.87)	0.095	1.80(-1.08~4.68)	0.224	-0.06(-0.16~0.04)	0.236	-0.15(-0.81~0.52)	0.672

注:手术入路为主要暴露因素,并调整了肿瘤最大直径、是否行扩大切除、病理类型、Masaoka 分期 4 个协变量

访 34.5 个月,3 例死亡,2 例复发转移;剑突下入路中位随访 50.5 个月,0 例死亡,4 例复发转移。进行生存分析提示,由于总生存事件罕见,尤其是剑突下入路组在多个亚组中未观察到死亡事件,导致 OS 的组间比较难以得出有效结论。基于 Kaplan-Meier 曲线的 Log-rank 检验显示,2 组间的无复发

生存期在整体队列或主要亚组(如胸腺瘤、I/II 期患者)中均差异无统计学意义。然而,在调整了扩大切除、Masaoka 分期及病理类型等强预后混杂因素的多变量 Cox 回归分析中,剑突下入路显示出与复发风险显著降低独立相关( $HR=0.06, 95\%CI=0.00\sim 0.72, P=0.026$ ) (表 6)。

表 6 调整混杂因素后 RFS 及 OS 的单因素多因素 Cox 分析结果

项目	无复发生存期 RFS				总生存期 OS			
	单因素分析		多因素分析		单因素分析		多因素分析	
	HR(95%CI)	P	HR(95%CI)	P	HR(95%CI)	P	HR(95%CI)	P
手术入路								
肋间入路	1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)	
剑突下入路	0.30(0.08~1.16)	0.082	0.06(0.00~0.72)	0.026	0.00(0.00~Inf)	0.999	0.00(0.00~Inf)	0.999
性别								
男	1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)	
女	1.16(0.31~4.41)	0.824	0.49(0.09~2.71)	0.411	0.00(0.00~Inf)	0.999	0.00(0.00~Inf)	0.998
伴随疾病								
是	1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)	
否	2.41(0.49~11.87)	0.280	3.05(0.53~17.67)	0.213	1.76(0.15~20.89)	0.656	163 564 509.77(0.00~Inf)	0.999
基础疾病								
是	1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)	
否	4.31(0.54~34.51)	0.169	2.10(0.18~23.82)	0.550	1.10(0.10~12.14)	0.940	123 335 925.36(0.00~Inf)	0.999
扩大切除								
否	1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)	
是	10.60(2.28~49.32)	0.003	16.28(1.90~139.28)	0.011	0.00(0.00~Inf)	0.999	0.04(0.00~Inf)	1.000
病理类型								
胸腺瘤	1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)	
胸腺癌	0.00(0.00~Inf)	0.999	0.00(0.00~Inf)	1.000	0.00(0.00~Inf)	0.999	0.00(0.00~Inf)	0.999
胸腺肉瘤化癌	0.00(0.00~Inf)	0.999	0.01(0.00~Inf)	1.000	0.00(0.00~Inf)	0.999	0.00(0.00~Inf)	1.000
Masaoka 分期								
I	1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)		1.00(Reference)	
II	2.14(0.57~8.03)	0.259	4.93(0.48~50.35)	0.178	0.00(0.00~Inf)	0.999	0.00(0.00~Inf)	1.000
III	0.00(0.00~Inf)	0.999	0.00(0.00~Inf)	0.999	0.00(0.00~Inf)	0.999	24 934 207 694 583 484.00(0.00~Inf)	0.999
IV	0.00(0.00~Inf)	1.000	-	-	0.00(0.00~Inf)	1.000	25 362 643 168 922 102 136 832.00(0.00~Inf)	1.000

### 3 讨论

前上纵隔是胸部肿瘤的多发区域,常见病变包括胸腺肿瘤、神经源性肿瘤和胸内甲状腺肿等<sup>[1-3]</sup>。外科手术是该类肿瘤获得根治的首选治疗方式<sup>[2-14]</sup>。然而,该区域解剖结构复杂、空间狭小,肿瘤常与心脏、大血管、膈神经等重要结构紧密相邻,手术操作空间极其有限,显露困难,传统上被视为胸外科高难度手术领域<sup>[7-15]</sup>。虽然开放手术可提供良好视野,但其创伤大、术后恢复慢等问题亦不容忽视<sup>[16]</sup>。随着微创外科技术的发展,VATS已成为治疗前纵隔肿瘤的常用手段<sup>[5-6]</sup>。但对于直径超过 5 cm、呈侵袭性生长或累及椎孔等的肿瘤,由于 VATS 器械活动度有限、视野显露不足,存在操作盲区及较高损伤风险,因此常被视为相对禁忌<sup>[8]</sup>。

近年来,RATS 凭借其三维高清放大视野、7 自由度仿腕器械及震颤过滤功能,显著提升了在狭小空间内进行精细解剖的操作能力,既保持了微创优势,又在技术上趋近于开放手术的精准度,从而拓宽了微创手术的适应证<sup>[4,9,17]</sup>。Geraci TC 等<sup>[13]</sup>报道其机器人手术中血管损伤率仅为 2.4%,认为该系统可显著降低重大并发症风险;Qian LQ 等<sup>[18]</sup>也指出机器人技术特别适用于解剖复杂的胸部手术。本研究结果进一步支持上述结论:尽管本组病例肿瘤中位直径达 6.15 cm,其中 30 例(20%)因肿瘤侵犯血管、心包或肺组织而联合施行血管成形、肺楔形切除等扩大切除手术,但术中血管损伤率仅为 0.7%,中转开胸率为 2%,体现出机器人手术在复杂前上纵隔肿瘤切除中的有效性与安全性。

手术入路的选择是决定手术成败的关键因素

之一。理想的手术入路应基于肿瘤的具体类型、大小及解剖位置进行个体化选择,并遵循以下核心原则:充分的手术视野显露、最大化操作空间、实现肿瘤完整切除以及最小化附加组织损伤,同时还需综合考虑机器人手术系统的技术特点及术者对该入路的熟练程度<sup>[19]</sup>。

本研究通过对比经肋间与剑突下 2 种机器人手术入路,揭示出二者在技术特点和围手术期结局方面存在显著差异。结果表明,经肋间入路在整体手术效率方面具有明显优势,其总手术时间及机器人专用操作时间均显著短于剑突下组,与国内外多项研究结论一致<sup>[20]</sup>。该优势可能源于经肋间入路路径更为直接、解剖视角符合传统胸腔镜手术习惯,器械操作更符合人体工程学设计,从而有利于缩短手术时间,尤其适用于偏侧性明显的纵隔肿瘤切除。国内丁仁泉等<sup>[21]</sup>也报道,肋间入路在处理单侧胸腺瘤及前纵隔肿瘤时,其 Docking 时间及器械操作时间均较短,提示该入路技术难度较低、学习曲线更为平缓。从解剖与操作机制角度分析,经肋间入路提供了更接近传统胸腔镜的手术视角与器械进入路径,有助于术者快速建立空间定向,在狭小空间内实现高效而精确的解剖分离。尤其在处理单侧膈神经、肺门结构及肿瘤滋养血管时,该入路无需跨越中线,减少了器械干扰,操作更为直接、稳定。相关研究亦表明,经肋间入路在机器人手术中能够提供更佳的组织暴露与器械操控稳定性,特别适用于血管周围精细解剖,有助于减少组织创伤及不必要的术中时间损耗。

然而,剑突下入路在术后康复质量方面展现出显著优势。本研究中,该组患者术后早期疼痛评分显著低于肋间组( $P<0.05$ ),这与其解剖特点密切相关,该入路完全避开肋间神经,从源头上避免了对它的挤压或损伤,从而有效减轻术后疼痛。良好的疼痛控制不仅是提升患者术后体验的关键,更有助于促进早期下床活动、改善呼吸锻炼,是实现加速康复外科目标的重要环节<sup>[22-23]</sup>。此外,剑突下组在淋巴结清扫数目方面亦优于肋间组( $P<0.05$ )。其中线入路提供了更为对称和广阔的手术视野,尤其有利于双侧纵隔脂肪淋巴组织的整体显露与系统清扫,从而可能提升肿瘤切除的彻底性,对患者长期肿瘤学结局产生积极影响<sup>[22]</sup>。

在安全性方面,2 组患者在术中出血量、中转开胸率及总体并发症发生率等方面均无统计学差异,

表明 2 种入路技术均具备良好的安全可靠。然而值得关注的是,本研究中所有术中非计划事件(包括心律失常及出血)以及中转开胸病例均发生于肋间入路组。尽管这一分布未达到统计学显著性,仍提示在处理体积巨大、与心脏及大血管关系密切的复杂肿瘤时,经肋间入路在面临突发性出血或循环不稳定等紧急情况时,可能面临更大的应急处理挑战<sup>[22-25]</sup>。

值得注意的是,本研究中剑突下入路组术后延迟拔管率高于肋间入路组,推测可能与手术时间较长,术中  $\text{CO}_2$  气胸对膈肌运动及双侧胸腔生理环境的干扰有关,但其具体机制仍有待进一步深入研究。在远期肿瘤学结局方面,尽管中位随访时间超过 3 年,2 组患者在总生存率及复发率方面未见显著差异;然而,剑突下组表现出更长的中位随访时间及不同的复发模式,提示其长期疗效可能存在差异化特点。因此,2 种入路的确切肿瘤学效益仍需通过更大样本、更长随访时间的前瞻性随机对照研究予以验证。

综上所述,在机器人辅助前上纵隔巨大肿瘤切除术中,经肋间与剑突下入路并非相互替代,而是彼此互补的重要技术策略。经肋间入路操作更为高效、路径直接,尤其适用于肿瘤主体偏于一侧或与单侧大血管关系密切的病变;而经剑突下入路则在减轻术后疼痛、实现更彻底的双侧纵隔淋巴结清扫方面具有显著优势,更适用于中线区域或需行双侧清扫的肿瘤。最终入路选择应基于肿瘤的具体解剖特征、术者对不同入路的操作熟练度,以及围绕患者术后快速康复的综合考量,实施个体化决策。

尽管本研究为机器人前上纵隔巨大肿瘤切除中 2 种入路的比较提供了初步证据,但仍存在若干局限性需予以说明。首先,本研究为单中心回顾性分析,样本量尽管已达到一定规模,但可能存在选择偏倚,且统计效能仍不足以检测 2 组在某些低发生率结局指标上的差异。其次,所有手术均由同一经验丰富的机器人手术团队完成,其结果可能无法直接推广至所有层级的医疗中心或初学者术者,技术的普适性仍有待验证。此外,术后疼痛评分虽采用标准化量表,但仍存在主观性,且长期生活质量及肿瘤学结局的随访时间尚不足够,需进一步延长观察期以确认 2 种入路对生存及复发影响的差异。最后,本研究未对手术费用及卫生经济学指标进行系统分析,而机器人手术的成本效益也是临床决策

中需考量的现实因素。未来需通过多中心、前瞻性随机对照研究进一步验证本研究的结论。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 陶绍霖:研究设计与构思、手术主刀、文章撰写、临床数据收集与分析;周于钦:临床数据归纳、整理与分析;康珀铭:手术主刀、数据统计;齐东东、张祖旺、刘训、罗艺:数据统计分析;邓波:手术主刀,数据质量控制;谭群友:研究总体指导与设计,对论文的知识性内容进行审阅

## 参 考 文 献

- [1] Riely GJ, Wood DE, Loo BW, et al. Thymomas and thymic carcinomas, version 2.2025, NCCN clinical practice guidelines in oncology[J]. J Natl Compr Canc Netw, 2025, 23(6):255-269.
- [2] Wolfe GI, Kaminski HJ, Aban IB, et al. Long-term effect of thymectomy plus prednisone versus prednisone alone in patients with non-thymomatous myasthenia gravis: 2-year extension of the MGTX randomised trial[J]. Lancet Neurol, 2019, 18(3):259-268.
- [3] Tomita N, Ishihara S, Nomoto Y, et al. Recurrence patterns, treatment outcomes, and prognostic factors of thymic carcinoma: a multi-center study[J]. Cancers, 2025, 17(15):2513.
- [4] Limmer KK, Kernstine KH. Minimally invasive and robotic-assisted thymus resection[J]. Thorac Surg Clin, 2011, 21(1):69-83.
- [5] Takeo S, Tsukamoto S, Kawano D, et al. Outcome of an original video-assisted thoracoscopic extended thymectomy for thymoma[J]. Ann Thorac Surg, 2011, 92(6):2000-2005.
- [6] Dhamija A, Kakuturu J, Awori Hayanga JW, et al. Difficult decisions in minimally invasive surgery of the thymus[J]. Cancers, 2021, 13(23):5887.
- [7] Marulli G, Maessen J, Melfi F, et al. Multi-institutional European experience of robotic thymectomy for thymoma[J]. Ann Cardiothorac Surg, 2016, 5(1):18-25.
- [8] Funaki S, Shintani Y, Fukui E, et al. Surgical treatment strategies for invasive thymoma[J]. J Thorac Dis, 2020, 12(12):7619-7625.
- [9] Castle SL, Kernstine KH. Robotic-assisted thymectomy[J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2008, 20(4):326-331.
- [10] 沈 诚,陶绍霖,谭群友.重症肌无力外科治疗现状与争议[J].中国临床新医学,2023,16(6):536-541.  
Shen C, Tao SL, Tan QY. Current events and controversial issues: surgical treatment of myasthenia gravis[J]. Chin J New Clin Med, 2023, 16(6):536-541.
- [11] 谭群友,陶绍霖,刘宝东,等.重症肌无力外科治疗中国临床专家共识[J].中国胸心血管外科临床杂志,2022(5):529-541.  
Tan QY, Tao SL, Liu BD, et al. Chinese clinical expert consensus on surgical treatment of myasthenia gravis[J]. Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg, 2022(5):529-541.
- [12] 徐 惟,许世广,刁玉刚,等.机器人完全不插管全胸腺切除术安全专家共识[J].中国胸心血管外科临床杂志,2022,29(12):1554-1561.  
Xu W, Xu SG, Diao YG, et al. Expert consensus on the safety of tubeless robotic thymectomy[J]. Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg, 2022, 29(12):1554-1561.

- [13] Geraci TC, Ferrari-Light D, Pozzi N, et al. Midterm results for robotic thymectomy for malignant disease[J]. Ann Thorac Surg, 2021, 111(5):1675-1681.
- [14] 蒙建鑫,金义宽,李雅婷,等.胸腺素β10基因在甲状腺乳头状癌进展中的作用机制[J].新医学,2025,56(2):131-138.  
Meng JX, Jin YK, Li YT, et al. Mechanism of thymosin β10 gene in the progression of papillary thyroid carcinoma[J]. J New Med, 2025, 56(2):131-138.
- [15] Carter BW, Benveniste MF, Madan R, et al. ITMIG classification of mediastinal compartments and multidisciplinary approach to mediastinal masses[J]. Radiographics, 2017, 37(2):413-436.
- [16] Toker A, Erus S, Ozkan B, et al. Does a relationship exist between the number of thoracoscopic thymectomies performed and the learning curve for thoracoscopic resection of thymoma in patients with myasthenia gravis?[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2011, 12(2):152-155.
- [17] Marulli G, Schiavone M, Perissinotto E, et al. Surgical and neurologic outcomes after robotic thymectomy in 100 consecutive patients with myasthenia gravis[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2013, 145(3):730-735.
- [18] Qian LQ, Chen XK, Huang J, et al. A comparison of three approaches for the treatment of early-stage thymomas: robot-assisted thoracic surgery, video-assisted thoracic surgery, and Median sternotomy[J]. J Thorac Dis, 2017, 9(7):1997-2005.
- [19] Wilshire CL, Blitz SL, Fuller CC, et al. Minimally invasive thymectomy for myasthenia gravis favours left-sided approach and low severity class[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2021, 60(4):898-905.
- [20] Mimbimi C, Charrier T, Goudou T, et al. Totally robotic-assisted thymectomy with a bilateral and subxiphoid approach[J]. JTCVS Tech, 2024, 28:216-218.
- [21] 丁仁泉,成 名,许世广,等.达芬奇机器人完全无管化与经剑突下胸腔镜手术治疗胸腺肿瘤围手术期效果的回顾性队列研究[J].中国胸心血管外科临床杂志,2023,30(6):818-823.  
Ding RQ, Cheng M, Xu SG, et al. Perioperative effects of da Vinci robot with totally no tube versus subxiphoid videoassisted thymectomy surgery for thymic tumors: a retrospective cohort study[J]. Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg, 2023, 30(6):818-823.
- [22] Suda T, Morota M, Negi T, et al. Subxiphoid uniportal robotic thymectomy using da Vinci Xi system[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2025, 67(4):ezaf127.
- [23] Lee JH, Hwang J, Park TH, et al. Subxiphoid single-port robotic thymectomy using the single-port robotic system versus VATS: a multi-institutional, retrospective, and propensity score-matched study[J]. Cancers, 2024, 16(16):2856.
- [24] Suda T. Subxiphoid thymectomy: single-port, dual-port, and robot-assisted[J]. J Vis Surg, 2017, 3:75.
- [25] Shimomura M, Ishihara S, Okada S, et al. Robotic subxiphoid-optical thymectomy[J]. Interact Cardiovascular Thorac Surg, 2022, 35(2):ivac104.

(收稿:2025-09-01;修回:2025-11-21;录用:2025-12-09)

(责任编辑:李青颖)

本文引用格式:

陶绍霖,周于钦,康珀铭,等.机器人全孔道前上纵隔巨大肿瘤切除术:肋间与剑突下入路的对比研究[J].重庆医科大学学报,2026,51(3):314-322.