

# 机器人在胸腺瘤手术中的技术与临床应用

张家豪\* 张亚杰\* 李鹤成

**【摘要】** 胸腺瘤是最常见的前纵隔原发肿瘤，目前标准的手术方式为胸腺扩大切除术，包括完整切除胸腺和纵隔脂肪组织。常用手术方法包括经胸骨切开术（ST）、电视胸腔镜手术（VATS）和机器人辅助胸腔镜手术（RATS）。随着微创胸腔镜技术发展，微创胸腺切除术已在临床越发普及。与常规胸腔镜相比，达芬奇机器人手术在高难度、高风险、操作精细的纵隔外科手术方面具有潜在的优势，该手术降低了手术操作的难度，且能让外科医生更加舒适地完成手术。RATS胸腺切除术常用手术入路包括经左胸、右胸、剑突下胸骨后入路等，适应证及手术步骤与VATS相似。然而其作为一种新的手术技术，已有证据初步证实其安全性及围手术期结局方面的优势，然而长期疗效尚待进一步验证

**【关键词】** 胸腺瘤； 胸腺切除术； 机器人辅助胸部手术； 电视胸腔镜手术

**Technology and application of robot in thymoma surgery** Zhang Jiahao\*, Zhang Yajie\*, Li Hecheng.  
Department of Thoracic Surgery, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine,  
Shanghai 200025, China

Corresponding author: Li Hecheng, Email: lihecheng2000@hotmail.com

**【Abstract】** Thymoma is the most common primary tumor of the anterior mediastinum. The current standard surgical procedure is extended thymectomy, which includes complete removal of the thymus and mediastinal fat tissue. Common surgical methods include open surgery through median sternotomy (ST), video-assisted thoracoscopic surgery (VATS), and robot-assisted thoracoscopic surgery (RATS). With the development of minimally invasive thoracoscopic technology, minimally invasive thymectomy has become extensively popular in clinical practice. Compared with conventional thoracoscopy, Da Vinci robotic surgery has potential advantages in complicated, high risky and elaborate mediastinal surgery. It reduces the difficulty of the operation and allows the surgeon to complete the surgery more comfortably. Common surgical approaches for RATS thymectomy include left transthoracic approach, right transthoracic approach, and subxiphoid retrosternal approach. The indications and surgical procedures are similar to those of VATS. Actually, as a new surgical technique, there are evidences preliminarily confirming its advantages in intraoperative safety and perioperative outcome. However, the long-term efficacy needs to be further verified.

**【Key words】** Thymoma; Thymectomy; Robotic-assisted thoracic surgery; Video-assisted thoracoscopic surgery

胸腺上皮肿瘤（thymic epithelial tumors, TETS）是最常见的前纵隔原发性肿瘤，大多数是40~70岁为主的男性患者。其他类型的胸腺肿瘤还包括胸腺癌（thymic carcinoma, TCs）和胸

腺神经内分泌肿瘤（neuro-endocrine tumors of the thymus, NETT）等。对于被认为存在胸腺肿瘤且可完全切除的患者，通常治疗的第一步是手术切除<sup>[1]</sup>。手术的目的是通过胸腺切除术完全切除病变，以及可能的部分相邻的结构，包括受累淋巴结、心包、膈神经、胸膜、肺、血管等。肿瘤能否完全切除是影响预后的最重要的因素。传统胸腺切除术或扩大胸腺切除术的“金标准”为胸骨正中切口开放手术，然而其胸壁完整性受到破坏，出血多，暴露差，操作困难，术后疼痛明显，围手术期并发症较多；近20年来，电视胸

DOI: 10.3877/cma.jissn.2095-8773.2020.04.09

\*为共同第一作者

基金项目：国家自然科学基金（81871882；81902951）；上海市卫生计生系统优秀学科带头人培养计划（2017BR055）；上海市教育委员会高峰高原学科建设计划（20172005）

作者单位：200025 上海，上海交通大学医学院附属瑞金医院胸外科

通讯作者：李鹤成，Email: lihecheng2000@hotmail.com

腔镜手术 (video-assisted thoracoscopic surgery, VATS) 的发展推动了胸腺瘤的微创手术的出现, 其在完整切除率和临床效果与开放手术相同情况下, 创伤更小, 失血量更少, 并发症发生率更低, 已被广泛应用于临床。然而, 胸腔镜立体视觉差, 容易出现判断差错; 胸腔镜器械较长、纵隔内空间狭小、手部的生理性震颤等则可能造成其他结构损伤。随着达芬奇手术机器人系统的出现, 机器人辅助胸腔镜手术 (robot-assisted thoracoscopic surgery, RATS) 成为胸腺瘤微创切除的新方法。与 VATS 相比, RATS 的潜在优势主要为提供 3D 视野以及更加精准、稳定的手术操作和舒适的操作台等, 近年来逐渐在临床推广应用。本文将从机器人辅助胸腺瘤微创手术的手术技术, 包括其适应证、手术入路与 Trocar 位置、简略手术步骤, 以及机器人辅助胸腺瘤手术的应用前景方面进行介绍。

### 一、机器人辅助胸腺瘤手术的适应证

1. 美国国立综合癌症网络 (National Comprehensive Cancer Network, NCCN) 指南推荐根据《胸腺瘤与胸腺癌 NCCN 指南 2020 第 1 版》<sup>[1]</sup> 推荐, 对于可耐受手术并能够完全切除肿瘤的胸腺瘤患者, 首选的治疗方式为全胸腺切除术以达到肿瘤的完全外科切除 (包括心包、神经、胸膜、肺, 甚至是大血管结构)。然而, 对于手术入路, NCCN 指南暂不推荐常规使用微创手术 (II A 类推荐), 因为关于微创胸腺瘤术后复发和生存已有的长期研究数据较少; 但是, NCCN 认为如果可以达到肿瘤学目标, 并且在具有微创技术专业知识和经验的外科医生的专门中心进行, 则可以考虑采用微创手术。

### 2. 国内专家共识推荐

《机器人辅助纵隔肿瘤手术中国专家共识 (2019 版)》<sup>[2]</sup> 对于前纵隔机器人手术的适应证做出了较为具体的推荐, 具体为: 机器人辅助纵隔肿瘤切除术适应证类似于传统胸腔镜手术 (I 类推荐); 如果条件允许, 应将机器人辅助手术作为纵隔肿瘤切除的首选方式 (II B 类推荐); 机器人手术辅助系统因其良好视野和灵活的手臂, 能有效还原或接近传统手术方式, 拓宽了其手术的适应证, 肿瘤的大小以及胸膜有无粘连已经不再是手术的绝对禁忌证, 对于肿瘤直径  $\leq 5$  cm, 包膜

完整, 优选机器人手术; 对于肿瘤直径  $> 5$  cm, 且有邻近肺组织、心包受累, 需要根据术者经验慎重选择; 对于肿瘤直径明确, 或者侵犯无名静脉、上腔静脉, 需避免选择机器人 (II B 类推荐)。

### 二、机器人辅助胸腺瘤手术技术

#### 1. 手术机器人的特点

达芬奇机器人手术系统由外科医生控制台、床旁机器臂系统和成像系统组成。主刀医师仅坐于操控平台前, 通过目视成像系统模拟人两只眼睛, 得到具有真实感的三维立体图像, 可清晰、完整显示各个区域的视觉和深度。医师通过控制台控制仿真手腕机械臂, 调整前、后、左、右、旋前、旋后和环转  $540^\circ$  等多个自由度, 完成牵拉、转动、夹闭、缝合、打结等操作, 并通过颤动滤过和动作定标系统过滤人手的颤动, 从而更精准完成手术, 提高手术操作稳定性、精确性和安全性<sup>[2]</sup>。2008 年首次出现机器人辅助胸腺瘤胸腺切除术<sup>[3]</sup>的报道; 后黄佳等<sup>[4]</sup>完成国内首例胸腺瘤机器人辅助切除术, 之后机器人辅助胸腺瘤手术逐渐得到更多应用。

#### 2. 胸腺瘤机器人手术入路

绝大多数胸腺瘤原发并生长于前纵隔, 故通常意义的胸腺瘤全胸腺切除术采用前上纵隔手术入路。机器人前上纵隔肿瘤切除手术入路选择与传统胸腔镜手术相同, 根据肿瘤位置, 可选择经右胸、左胸或者剑突下径路完成。胸腺瘤一般需行包括胸腺在内的前上纵隔肿瘤扩大切除术; 当患者合并重症肌无力时, 还需行前纵隔脂肪清扫术。在机器人应用于胸腺瘤手术初期, 多采用经右侧胸腔胸腺瘤切除术<sup>[5]</sup>。随后多家中心根据肿瘤位置选择的其他不同的手术入路也取得较好的效果<sup>[6]</sup>。目前认为, 若肿瘤主体部位靠右胸, 选择经右侧胸腔入路, 可避免主动脉弓和心脏的遮挡, 更容易识别右侧膈神经和上腔静脉, 处理胸腺血管和胸腺右上极<sup>[2]</sup>; 右侧入路更符合右手操作习惯者, 并具有更短的学习曲线<sup>[7]</sup>, 增加手术的安全性和便捷性, 故一般情况下经右胸入路目前为主体位于右侧的胸腺瘤切除术首选<sup>[2]</sup>。

经左胸入路则可更清楚地显示左侧膈神经, 处理左侧脂肪组织, 但是左侧胸腔由于心脏和主动脉弓遮挡, 胸骨后间隙小, 处理胸腺血管相对困难, 特别是对于惯用右手者, 故经左胸入路切

除胸腺瘤的应用相比右侧较少<sup>[8]</sup>, 常用于膈神经过度复杂生长、对于视野范围要求较大的患者<sup>[9]</sup>。也有个别双侧胸腔入路的手术报道<sup>[10]</sup>。

经剑突下胸骨后入路能够清晰暴露前纵隔的双侧膈神经、双侧心包前脂肪、动静脉、胸腺上极等组织结构, 能最大程度清扫前纵隔脂肪组织, 减少副损伤; 然而, 经剑突下入路受限于胸骨下角大小, 机器人连接 (Docking) 时间相比经胸入路更长<sup>[11]</sup>。目前主要应用于: 既往有胸部手术史, 合并重症肌无力需要行前纵隔脂肪清扫术患者, 但需要术者有传统胸腔镜剑突下手术经验<sup>[2]</sup>。

### 3. 胸腺瘤机器人手术患者体位及Trocar位置放置

根据入路不同选择不同体位。对于前上纵隔肿瘤经右胸入路, 选择右侧胸部垫高 $30^{\circ}$ , 右侧手臂屈曲抱枕; 经左胸入路, 选择左侧胸部垫高 $30^{\circ}$ , 左侧手臂屈曲抱枕; 经剑突下入路选择胸部垫高平卧位或截石位<sup>[2]</sup>。Trocar位置根据肿瘤位置和术者经验不同单位不尽相同, 在此仅介绍较常用的经胸及剑突下两种入路的Trocar位置。经左侧或者右侧胸腔入路时, 一般设置3个机械臂加1个辅助孔的“5-5-3-5”模式, 利于完成肿瘤游离以及胸腺静脉的处理<sup>[2]</sup>, 即观察孔位于腋前线第5肋间, 机械臂孔分别设置于腋前线第3肋间和锁骨中线第5肋间, 并可选择性设置辅助孔于腋中线第5肋间, 可根据肿瘤位置及大小将镜孔和机械臂孔向下一肋间或向外稍调整。剑突下入路常采用三孔法, 即剑突下长约3 cm切口作镜孔, 机械臂孔分别设置于左右侧锁骨中线、肋骨下缘, 必要时选择一侧腋中线第6肋间为辅助操作孔; 镜孔Trocar接CO<sub>2</sub>建立人工气胸, 以扩大胸骨后间隙, 充分显露创面组织结构; 剑突下切口位置相对固定, 而镜孔和两个机械臂孔组成等腰三角形, 其尖端指向前纵隔胸腺纵行体表投影, 当剑突下角 $\geq 90^{\circ}$ 时, 两臂之间距离 $> 7$  cm, 可有效地避免机械臂的相互干扰, 更利于操作<sup>[2]</sup>。

### 4. 手术步骤

以左侧入路的胸腺瘤切除术为例, 前纵隔肿瘤切除术开始时的参考点是左侧膈神经。胸腺可能部分可见, 具体取决于心包脂肪组织和胸腺组织学的各种数量。首先从脂肪稀少的心包中段的下部区域开始, 持续整块分离直至右侧剑突下胸膜反折。然后继续扩大胸骨后胸膜切口直至颈

部纵隔胸膜反折。从心包尾侧开始, 对心包组织块进一步动员, 根据需要对心包小血管进行钝性分离或精细超声解剖, 然后动员整个中胸骨后组织。通常, 胸腺右叶可从周围的脂肪组织中清楚地识别出; 分离主动脉暴露右肺, 切开纵隔胸膜反折, 可见无名静脉的前壁在膈神经左侧, 有时也可见单一的凯恩斯静脉 (即胸腺后静脉) 流入无名静脉。在大多数情况下, 胸腺有2~4个动静脉, 须小心使用机器人手术器械离断这些动静脉的同时避免对无名静脉的伤害。在所有胸腺血管被离断后在无名静脉之上进行胸腺两上极的动员<sup>[9]</sup>, 需特别注意位于主动脉弓和无名静脉之间的胸腺上极的解剖结构变化: 在大多数患者中, 胸腺的左叶较大, 通常左上极也是如此。此外, 左胸腺叶与膈神经关系更密切<sup>[12]</sup>。将胸腺包膜剥离后动员胸腺左上极。在胸腺头端可见胸腺韧带, 完全暴露胸腺上极后, 通过超声到或钛夹将该韧带离断。大多数情况下此时可识别右侧膈神经, 再进行胸腺右极动员后胸腺切除术结束。将整块胸腺标本, 包括含所有周围的脂肪组织放置在袋中, 并通过中部Trocar位置切口取出<sup>[13]</sup>。

## 三、机器人辅助胸腺瘤切除术相关临床研究

### 1. 学习曲线

随着机器人胸腺切除术在更多中心中的推广, 其学习曲线也受到广泛关注, 除去Kamel等<sup>[14]</sup>报道从胸腔镜转为机器人胸腺瘤切除的学习曲线在15~20例达到平台期, 尚需更多中心数据验证及由开放性手术医生转为机器人相关学习曲线报道。

### 2. 临床疗效

传统胸腺瘤胸腺切除术手术入路的金标准是开放性的正中胸骨切开术<sup>[15]</sup>。然而, 随着微创胸部外科技术, 尤其是手术机器人技术的发展, 胸腺瘤的最佳手术方法出现了争议。目前, 对比胸腺瘤患者接受微创手术及开放性手术结果的相关研究数据仍较少, 而已有的直接对比RATS与VATS或开放手术的研究则更少。

已有数项系统评价和临床研究<sup>[16-18]</sup>表明, 接受VATS与接受开放性胸骨切开胸腺切除术患者相比, 手术后的总生存 (overall survival, OS) 及无进展生存期 (progression-free survival, PFS) 相似, 纵使这些结果可能因选择偏倚受到影响。而机器人手术具有VATS创伤小、恢复快等优点的

同时,还能提供3D视野及更精细稳定的操作,故具有令人期待的应用前景<sup>[19]</sup>。机器人辅助胸腺切除术已被证实是可行且安全的<sup>[14,20-21]</sup>。一项荟萃分析<sup>[22]</sup>纳入了4项研究中350例接受VATS或RATS胸腺切除术的患者,结果表明两种手术方式的安全性及围手术期结果无显著差异。Qian等<sup>[23]</sup>对于VATS、RATS及胸骨切开术(sternotomy, ST)三种手术方式的单中心回顾性研究显示,与VATS组及ST组相比,RATS减少了术后引流量和引流时间(352.2 vs 613.9和980 mL,  $P < 0.05$ ; 2.88 vs 3.77和4.41天,  $P < 0.05$ )以及住院时间(5.5天及6.6天);然而,这一研究为非随机设计,且样本量相对较小。Ye等<sup>[24]</sup>也曾报道早期胸腺瘤RATS与ST胸腺切除相比,术中失血量显著减少,住院时间缩短。

然而值得注意的是,上述研究及现有的其他对比RATS与其他方式胸腺切除术的临床研究观察的指标多为围手术期指标,故还需样本量更大、随访时间更长的前瞻性研究证实机器人辅助胸腺切除术治疗胸腺瘤的长期预后;另外,研究<sup>[22]</sup>发现RATS胸腺切除术具有更长的手术时间,这可能是由于机器人系统特有的Docking流程及手术体位摆放所致。

此外,关于适于接受手术切除的胸腺瘤大小仍存争论。大部分文献支持 $< 5$  cm的病变接受手术<sup>[2]</sup>,但通常认为3 cm平均大小的肿瘤在肿瘤学上可完全切除。肿瘤的直径大小可以不作为绝对禁忌证;但是,它可能会干扰机器人手术,从而使操作更加困难,转开胸的机会增加,或者延长手术时间<sup>[25]</sup>。

#### 四、机器人辅助胸腺切除术的局限性及展望

尽管机器人胸腺切除术取得了非常可喜的结果,但仍存在有待解决的难题。机器人辅助胸腺切除潜在局限性主要在于成本、缺乏触觉反馈及转开胸难度更高。RATS相比VATS或胸骨切开术的额外费用主要是由机器人系统的初期投资成本、年度维护和一次性耗材引起,已有研究<sup>[26]</sup>证实机器人肺段手术成本相对VATS更高,而这一结论也需在纵隔机器人手术中证实;缺乏触觉反馈理论上可能会增加损坏精细结构风险,但可通过三维视野及生理震颤的消除获得弥补;另一个潜在局限为手术医生在远离患者的控制台上操作,因此

不便于术中意外情况紧急开胸,另外解除机器人系统对接增加了紧急开胸的难度<sup>[25]</sup>。

技术层面上,随着新一代机器人平台(例如da Vinci SP system等)的问世,机器人胸腺瘤切除术的优势将通过Real 3D-HD视野、MIMIC模拟软件、单孔机器人手术器械、咧啉菁绿神经可视化等新技术进一步扩大<sup>[9]</sup>。而在适应证方面,除了用于胸腺瘤外科治疗,机器人辅助胸腺切除术在符合胸腺切除适应证的重症肌无力(myasthenia gravis, MG)患者中相比VATS可带来更稳定的缓解率<sup>[27]</sup>,此外机器人辅助胸腺切除在胸腺瘤并发MG患者、异位甲状旁腺等患者中的应用也有报道,故未来对于机器人辅助胸腺切除术适应证的扩展及与胸腔镜和开放手术的对比也将成为研究热点。

#### 五、总结

目前来看,机器人辅助胸腺切除术用于治疗可切除性胸腺瘤已被认为是安全可行的手术方式。RATS胸腺切除术的手术入路包括经肋间及剑突下胸骨后入路等,其适应证及手术步骤与VATS相似。RATS胸腺切除术相比VATS的优势包括3D视野及更加精准、稳定的手术操作等,缺点为医疗费用较高、缺乏触觉反馈、不便于紧急转开胸等。机器人胸腺切除术在胸腺瘤患者中的作用仍在研究,已有证据提示RATS相比VATS胸腺切除术可能具有相似或更优的围手术期结局,但仍缺乏前瞻性大样本研究证实机器人辅助胸腺切除术治疗胸腺瘤的肿瘤学疗效及长期预后。随着新一代手术机器人平台的问世,机器人辅助胸腺切除术在治疗胸腺瘤及重症肌无力等疾病方面将得到更多应用。

#### 参 考 文 献

- 1 NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology: Thymomas and Thymic Carcinomas (2020 Version 1)[EB/OL]. 11/27/2019. [https://www.nccn.org/professionals/physician\\_gls/](https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/).
- 2 中国医师协会医学机器人医师分会胸外科专业委员会筹备组,谭群友,陶绍霖,等. 机器人辅助纵膈肿瘤手术中国专家共识(2019版)[J]. 中国胸心血管外科临床杂志,2020,27(2): 117-125.
- 3 Castle SL, Kernstine KH. Robotic-assisted thymectomy[J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2008, 20(4): 326-331.
- 4 黄佳,罗清泉,谭强. 机器人外科手术系统辅助胸腔镜胸腺瘤切

- 除手术一例[J]. 上海医学,2010,33(11):1072.
5. Fok M, Bashir M, Harky A, et al. Video-Assisted Thoracoscopic Versus Robotic-Assisted Thoracoscopic Thymectomy: Systematic Review and Meta-analysis[J]. *Innovations (Phila)* 2017, 12(4): 259-264.
  6. Kawaguchi K, Fukui T, Nakamura S, et al. A bilateral approach to extended thymectomy using the da Vinci Surgical System for patients with myasthenia gravis[J]. *Surg Today*, 2018, 48(2): 195-199.
  7. 刘博,汪明敏,许世广,等. 达芬奇机器人纵隔肿瘤切除术的学习曲线[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2017, 24(2): 127-131.
  8. 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.
  9. Rueckert J, Swierzy M, Badakhshi H, et al. Robotic-assisted thymectomy: surgical procedure and results[J]. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 63(3): 194-200.
  10. Fiorelli A, Mazzella A, Cascone R, et al. Bilateral thoracoscopic extended thymectomy versus sternotomy[J]. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*, 2016, 24(6): 555-561.
  11. Suda T, Kaneda S, Hachimaru A, et al. Thymectomy via a subxiphoid approach: single-port and robot-assisted[J]. *J Thorac Dis*, 2016, 8(Suppl 3): S265-S271.
  12. Mulder DG. Extended transsternal thymectomy[J]. *Chest Surg Clin N Am*, 1996, 6(1): 95-105.
  13. Rueckert J, Swierzy M, Badakhshi H, et al. Robotic-assisted thymectomy: surgical procedure and results[J]. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 63(3): 194-200.
  14. Kamel MK, Rahouma M, Stiles BM, et al. Robotic Thymectomy: Learning Curve and Associated Perioperative Outcomes[J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2017, 27(7): 685-690.
  15. Luzzi L, Corzani R, Ghisalberty M, et al. Robotic surgery vs. open surgery for thymectomy, a retrospective case-match study[J]. *J Robot Surg*, 2020, [Epub ahead of print].
  16. Xie A, Tjahjono R, Phan K, et al. Video-assisted thoracoscopic surgery versus open thymectomy for thymoma: a systematic review[J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2015, 4(6): 495-508.
  17. Agatsuma H, Yoshida K, Yoshino I, et al. Video-Assisted Thoracic Surgery Thymectomy Versus Sternotomy Thymectomy in Patients With Thymoma[J]. *Ann Thorac Surg*, 2017, 104(3): 1047-1053.
  18. Yang Y, Dong J, Huang Y. Thoracoscopic thymectomy versus open thymectomy for the treatment of thymoma: A meta-analysis[J]. *Eur J Surg Oncol*, 2016, 42(11): 1720-1728.
  19. Curcio C, Scaramuzzi R, Amore D. Robotic-assisted thoracoscopic surgery thymectomy[J]. *J Vis Surg*, 2017, 3: 162.
  20. 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.
  21. Chen K, Zhang X, Jin R, et al. Robot-assisted thoracoscopic surgery for mediastinal masses: a single-institution experience[J]. *J Thorac Dis*, 2020, 12(2): 105-113.
  22. Fok M, Bashir M, Harky A, et al. Video-Assisted Thoracoscopic Versus Robotic-Assisted Thoracoscopic Thymectomy: Systematic Review and Meta-analysis[J]. *Innovations (Phila)* 2017, 12(4): 259-264.
  23. Qian L, Chen X, 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.
  24. Ye B, Li W, Ge XX, et al. Surgical treatment of early-stage thymomas: robot-assisted thoracoscopic surgery versus transsternal thymectomy[J]. *Surg Endosc*, 2014, 28(1): 122-126.
  25. Marulli G, Comacchio GM, Stocca F, et al. Robotic-assisted thymectomy: current perspectives[J]. *Robot Surg*, 2016, 3: 353-363.
  26. Zhang Y, Chen C, Hu J, et al. Early outcomes of robotic versus thoracoscopic segmentectomy for early-stage lung cancer: A multi-institutional propensity score-matched analysis[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 160(5): 1363-1372.
  27. Ruckert JC, Swierzy M, Ismail M. Comparison of robotic and nonrobotic thoracoscopic thymectomy: a cohort study[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2011, 141(3): 673-677.
- (收稿: 2020-10-27; 修回: 2020-11-09; 接受: 2020-11-13)  
(本文编辑: 丁玮)

张家豪,张亚杰,李鹤成. 机器人在胸腺瘤手术中的技术与临床应用[J/CD]. *中华胸部外科电子杂志*, 2020, 7(4): 252-256.