

## ·专题·机器人手术在小儿外科的应用·

机器人辅助胸腔镜技术治疗小儿  
先天性肺部疾病的单中心研究

全文二维码



开放科学码

谭 征 俞建根 梁 靓 黄 婷  
高 跃 章 坚 舒 强



手术视频码

**【摘要】 目的** 探索应用机器人辅助胸腔镜下进行小儿先天性肺部疾病手术的安全性、有效性及在微创手术中的优势。 **方法** 2020 年 5 月至 2021 年 3 月,浙江大学医学院附属儿童医院应用机器人辅助胸腔镜对 85 例临床拟诊为先天性肺部疾病的患者行手术治疗,其中男 54 例,女 31 例,年龄 6 个月 15 天至 12 岁 10 个月,平均  $(17.56 \pm 7.35)$  个月。所有病例手术通过 1 个 8 mm 观察孔、2 个 8 mm 操作孔和 1 个 5 mm 辅助切口完成,手术过程中不撑开肋骨。对患者围手术期资料进行分析,总结经验。

**结果** 85 例患者手术均获得成功,包括解剖性肺叶切除术、肺段切除术、楔形切除术、囊肿剥离术和叶外隔离肺切除术,其中中转开胸手术 1 例。无一例发生围术期并发症或死亡。胸腔引流管留置时间 0 ~ 5 d,平均  $(1.38 \pm 0.87)$  d;住院时间 4 ~ 10 d,平均  $(6.23 \pm 1.25)$  d;手术时间 42 ~ 270 min,平均  $(74.76 \pm 30.21)$  min;术中出血量 1 ~ 30 mL,平均  $(4.05 \pm 2.21)$  mL;住院总费用 61 897 ~ 95 033 元,平均  $(70 426.65 \pm 6 086.78)$  元。所有患者围术期未行输血治疗。 **结论** 机器人辅助胸腔镜行肺叶切除术安全有效,由于该技术具有更逼真的视野、更灵活稳定的操作而具备更宽泛的手术适应证,是胸部微创手术的新选择。

**【关键词】** 机器人手术; 肺切除术; 胸腔镜检查; 儿童

**【中图分类号】** R563 R726.1

**Robot-assisted thoracoscopy in the treatment of congenital pulmonary diseases in children.** Tan Zheng, Yu Jiangeng, Liang Liang, Huang Ting, Gao Yue, Zhang Jian, Shu Qiang. Department of Thoracic Surgery, Children's Hospital, Zhejiang University School of Medicine, National Clinical Research Center for Children's Health, Hangzhou 310052, China. Corresponding author: Tan Zheng, Email: tanzheng@zju.edu.cn

**【Abstract】 Objective** To explore the safety, efficacy and advantages of da Vinci Xi robot-assisted thoracoscopy for children with congenital pulmonary diseases. **Methods** From May 2020 to March 2021, 85 children with clinically suspected congenital lung disease were operated with da Vinci Xi robot-assisted thoracoscopy. There were 54 boys and 31 girls with an average monthly age of  $(17.56 \pm 7.35)$  (6.5 - 130). There were 1 observation port (8 mm), 2 handling ports (8 mm) and 1 accessory incision (5 mm). Ribs were not stretched. The perioperative patient data were collected. **Results** All 85 operations were successful, including anatomical lobectomy, segmentectomy, pericardial resection, cyst dissection and extralobar isolated pneumonectomy. Only 1 case was converted into thoracotomy. No perioperative complications or death occurred. The average duration of chest irrigation was  $(1.38 \pm 0.87)$  (0 - 5) days, the average operative duration  $(74.76 \pm 30.21)$  (42 - 270) min, the average intraoperative volume of blood loss  $(4.05 \pm 2.21)$  (1 - 30) ml and the average total hospitalization expense  $(70 426.65 \pm 6 086.78)$  (61 897 - 95 033) yuan. No blood transfusion was offered during perioperative period. **Conclusion** Robot-assisted thoracoscopic lobectomy is both safe and effective with more realistic vision, more flexible and stable handling and a wider surgical indication. It is an important option for a new generation of mini-invasive thoracic surgery.

DOI:10.12260/lcxewkzz.2021.08.002

**基金项目:**国家重点研发计划(编号:2018YFC1002700)

**作者单位:**浙江大学医学院附属儿童医院胸外科,国家儿童健康和疾病临床医学研究中心(浙江省杭州市,310052)

**通信作者:**谭征, Email: tanzheng@zju.edu.cn

【Key words】 Robotic Surgical Procedures; Pneumonectomy; Thoracoscopy; Child

2000 年 Rothenberg<sup>[1]</sup>第一次在文献中描述了小儿胸腔镜下肺叶切除术,近年来胸腔镜下肺叶切除术在世界各地逐渐开展<sup>[2]</sup>。文献报道胸腔镜辅助下肺叶切除术仍存在一定局限性,如:主刀医生操作过程中观察到的是二维平面图像、操作空间有限,手术时间过长易导致主刀医生疲劳等<sup>[3,4]</sup>。机器人辅助外科系统的诞生解决上述问题。2008 年, Meehan 首次报道应用机器人辅助行肺叶切除术,具有分离血管更精准、3D 成像手术视野更清晰等优势<sup>[5]</sup>。浙江大学医学院附属儿童医院于 2020 年 4 月引进机器人手术系统,2020 年 5 月开始进行第一台机器人辅助胸腔镜下纵膈肿瘤切除术,截至 2021 年 3 月底共完成小儿胸外科手术 115 例,其中小儿肺叶/肺段切除手术 85 例。本研究通过回顾性分析上述 85 例机器人辅助胸腔镜下肺叶/肺段切除术患者的临床资料,旨在探索机器人在小儿肺叶切除术中应用的可行性,为后续该技术在小儿胸外科手术中的深入开展提供参考。

## 材料与方法

### 一、研究对象及临床资料

回顾性收集 2020 年 5 月至 2021 年 3 月在浙江大学医学院附属儿童医院胸外科行机器人辅助胸腔镜下肺部手术的 85 例患者临床资料,男 54 例、女 31 例,年龄 6 个月 15 天至 12 岁 10 个月,平均 $(17.56 \pm 7.35)$ 个月。体重 7.1 ~ 57.5 kg,平均 $(10.75 \pm 6.42)$ kg。其中 52 例产前胎儿超声确认为肺部病变,随访至出生后 6 个月实施手术;25 例有反复肺炎病史;3 例有咯血史,均为叶内型隔离肺。

收集患者的性别、年龄、体重、病变位置、术前诊断、手术时间(机器人连接至撤机结束)、术中出血量、术后引流量、术后胸腔引流时间、围术期并发

症发生率及病死率、住院天数、术后病理诊断及住院费用。

### 二、手术方法

在全身麻醉诱导的同时,由经过专门培训的护士启动机器人外科辅助系统,完成系统自检和预热,套好无菌袋,准备好用于手术操作的机械臂待命。采用单气管插管健侧肺叶或球囊封堵患侧气管,单肺通气,麻醉方式同胸腔镜手术。患者取健侧卧位,下垫垫子,尽量将患侧肋间隙拉大,以便于机械臂活动。常规消毒铺巾。机器人系统常规选用镜头臂和 1、2 号机械手臂(右手臂、左手臂),分别装入无损伤心包抓钳和双极电凝,具体布孔如图 1。

以右下肺手术为例,镜头孔位于腋中线第九肋间,置入一个 8 mm Trocar,右手臂操作孔位于锁骨中线第六肋间,左手臂操作孔位于肩胛下线第十肋间,每个切口之间距离 $>4$  cm,辅助孔 5 ~ 12 mm 大小,位于腋前线第七肋间,推入完成预热的机器人,与患者鞘孔完成对接。于观察孔接入向下三维镜头,并在胸腔充入  $\text{CO}_2$  气体,将胸腔压力维持在 6 ~ 8 mmHg 水平,使肺叶萎陷。在三维镜头引导下,分别装配机器人系统 1 号臂(右臂)和 2 号臂(左臂),选取器械分别为无损伤心包抓钳和双极电凝。3D 镜头 30°向上,直视下引导抓钳和双极置入手术靶区。对于肺上叶手术,可将各孔位置上移一个肋间。对于小年龄的患者可将左右机械臂的操作孔往镜头孔方向靠近。

主刀医师坐在操作台操作,助手通过辅助孔置入抓钳和吸引器协助牵拉肺组织,显露胸腔内结构,吸引,放入 Hem-o-lock 结扎血管,对叶裂发育不良者可扩大辅助孔至直径 12 mm 大小,置入直线切割吻合器离断叶裂和支气管,取出肺组织标本(图 2)。手术顺序基本同常规胸腔镜手术,优先处理肺动脉、肺静脉,最后处理支气管,术后根据术中情况酌情决定是否放置引流管,拔管后返回病房。

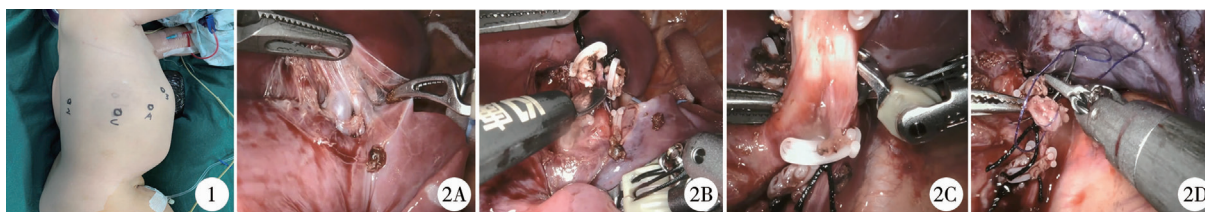


图 1 肺叶切除术常规布孔 注 A:辅助孔; C:观察孔; 2:机器人 2 号臂; 3:机器人 3 号臂; 图 2 机器人辅助胸腔镜下行肺叶切除术 注 2A:解剖分离下肺动脉; 2B:结扎离断下肺动脉; 2C:解剖分离下肺支气管; 2D:离断缝扎支气管

Fig. 1 Lobectomy was performed with routine burrowing Fig. 2 Da Vinci robot-assisted thoracoscopic lobectomy

## 结 果

85例均顺利经机器人辅助胸腔镜下完成手术,包括解剖性肺叶切除术、肺段切除术、楔形切除术、囊肿剥离术和叶外隔离肺切除术,其中1例中转开胸手术,为1例7月龄左肺下叶叶内型隔离肺患者。所有患者无一例发生严重围术期并发症或死亡。胸腔引流时间0~5 d,平均 $(1.38 \pm 0.87)$  d;住院时间4~10 d,平均 $(6.23 \pm 1.25)$  d;手术时间42~270 min,平均 $(74.76 \pm 30.21)$  min;术中出血量1~30 mL,平均 $(4.05 \pm 2.21)$  mL;住院总费用61 897~95 033元,平均 $(70 426.65 \pm 6 086.78)$ 元。所有患者围术期未行输血治疗。术后病理诊断:隔离肺23例,其中叶内型13例,叶外型10例(4例为膈肌内型);囊腺瘤62例,其中1型19例,2型38例,3型3例,4型2例。具体肺叶/肺段切除情况详见表1。

分别于术后1个月、4个月、10个月对患者进行随访,常规复查胸片和CT,至今未见复发病例,患者术后肺代偿良好。

表1 肺叶/肺段切除部位及例数  
Table 1 Locations and number of cases of lobectomy/segmental resection

变量	左肺( $n=51$ )	右肺( $n=34$ )
肺上叶	3	3
肺中叶	—	2
肺下叶	18	20
S1 + S2 肺段	2	1
S3 肺段	1	2
S1 + S2 + S3 肺段	3	
S4 + S5 肺段	2	
S6 肺段	3	2
S9 + S10 肺段	3	1
S7 + S8 + S9 + S10 肺段	6	3
膈肌内隔离肺	4	
叶外型隔离肺	6	

## 讨 论

肺叶/肺段切除术是治疗小儿肺囊性病变的经典术式,胸腔镜下微创手术近年来得到了飞速发展,这使得胸腔镜下肺叶/肺段切除术越来越多被家长和患者所接受。但是受制于胸腔镜下的二维视野、不稳定的操作视野和操作受限的器械运动轨迹,胸腔镜手术的推广应用受到限制。机器人手术

系统提供了一个由术者控制的、稳定的、高分辨率的3D视野,可进行手腕样动作并在有限空间内进行分离,使腔镜下肺叶切除术变得更加容易,也更加安全。2008年,美国西雅图儿童医院 Meehan<sup>[5]</sup>首次报道应用机器人辅助胸腔镜行小儿肺叶切除术,2012年,国外报道机器人肺叶切除术18例<sup>[6]</sup>。国内仅李帅<sup>[7]</sup>于2020年报道了2例较大年龄儿童患者在机器人辅助胸腔镜下行肺叶切除术。2020年4月本院引进机器人手术系统,至今已完成小儿外科各类手术400余例。本院为国内较早开展胸腔镜下肺叶切除术的单位之一,前期积累了一定的经验,为机器人辅助胸腔镜下肺叶切除术的顺利开展奠定了基础。

### 一、机器人辅助胸腔镜下肺叶切除术注意事项

小儿胸腔空间较成人小,因此机器人辅助胸腔镜下行小儿肺叶/肺段切除术成功与否与术中 Trocar 放置位置有关。本院目前应用的机器人手术系统,其镜头的 Trocar 直径和操作孔 Trocar 直径均为8 mm;手术要求操作孔之间及操作孔与镜头孔之间的距离不应 $<8$  cm。但在实际手术过程中,两个操作孔之间的距离一般不 $<4$  cm,距离越远越有助于手术顺利完成。在建孔的过程中以镜头孔为中心,左右两个操作孔距离中心孔的垂直距离应 $>4$  cm,而辅助孔根据助手的站位建于镜头孔和操作孔之间。

本研究中转开腹手术的患者为一例7月龄左肺下叶叶内型隔离肺患者,系开展机器人手术的第3例,当时选择了腋中线布孔,隔离肺的侧支动脉巨大,离断后左下叶淤血明显,不能压缩,空间暴露不良,从而选择中转开胸完成左肺下叶的解剖性切除术。

肺叶/肺段切除术的处理要点是肺动脉和肺静脉的分离和离断。相对部分术者采用抓钳和单极电凝的手术方式而言,本研究采用心包抓钳和双极电凝抓钳进行血管分离,安全性更高,出现血管损伤后的止血处理更迅速。

### 二、机器人辅助胸腔镜下肺叶切除术的优缺点

机器人辅助肺叶/肺段切除术的步骤与常规开胸肺叶/肺段切除术一致,也是先处理肺动脉、肺静脉,最后处理支气管。但相较于胸腔镜下手术,机器人手术具有以下优势:第一,机器人的三维视野较胸腔镜的二维视野在分离解剖过程中更有立体感,给术者更真实的视野,可以更清楚地辨别解剖结构,使得缝合、打结等操作更精准,提高手术的精确性。第二,机器人的机械臂有7个自由度,包括上

下、前后、左右运动及机械手的左右、旋转、开合、末端关节弯曲共7种动作,每个关节活动度均 $>90^\circ$ ,并可作沿水平轴 $270^\circ$ 和垂直轴 $360^\circ$ 的旋转,可拥有比真人手腕更加灵活的操作,且可在狭窄的解剖环境中达到比人手更好的效果。第三,机械臂特殊的过滤抖动功能使得医生在完成精细解剖时动作更加精准稳定,降低了副损伤概率。机器人的视野更清楚,操作更灵活,使得手术更精准,损伤更小,出血更少,术后恢复更快。

但是机器人辅助肺叶/肺段切除术也存在一些问题:①在机器人手术中,由于术者不在手术床边,一些紧急的操作(如额外的牵拉、暴露、切割闭合器的使用、快速和精确止血)均需助手独立完成,而助手看到的是二维图像,操作的是胸腔镜器械,完成胸腔镜下手术操作的过程中,会受到机械手臂的干扰、碰撞,所以要求助手必须拥有微创外科的手术经验。一旦手术中出现出血等意外情况,助手要能独立和迅速地完成任务撤除、开胸并控制出血等紧急操作,故要求助手必须是经验丰富的小儿胸外科医生。②机器人手术费用昂贵。一套最新的机器人手术系统在2000万左右,且每年需要投入设备维修费用、系统升级费用等。专用的特殊手术器械如Endo-wrist机械臂的成本在40000元左右,且仅能使用10次,每次使用的成本在4000元左右,每次手术会用到专用手术器械4~5个,这使得机器人手术费用较传统胸腔镜手术高约30000元。但两种术式相比较,机器人手术由于拥有传统胸腔镜手术无法比拟的技术优势,具有更为广阔的发展前景。如果能够引入医疗保险,一举解决机器人手术成本费用这一制约其发展的瓶颈,机器人手术必然超越传统胸腔镜手术,成为胸外科微创手术治疗的主流方式。

### 参考文献

- 1 Rothenberg SS. Thoracoscopic lung resection in children[J]. J Pediatr Surg, 2000, 35: 271-274. DOI: 10. 1016/s0022-3468(00)90023-x.
- 2 谭征, 李建华, 梁靓, 等. 胸腔镜小儿肺叶切除术 50 例[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2017, 33(8): 490-492. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1001-4497. 2017. 08. 009.
- 3 Tan Z, Li JH, Liang L, et al. Thoracoscopic lobectomy in children; a report of 50 cases[J]. Chin J Thorac Cardiovasc Surg, 2017, 33(8): 490-492. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1001-4497. 2017. 08. 009.
- 4 Kolvenbach R, Schwierz E, Wasilljew S, et al. Total laparoscopically and robotically assisted aortic aneurysm surgery: a critical evaluation[J]. Vasc Surg, 2004, 39(4): 771-776. DOI: 10. 1016/j. jvs. 2003. 10. 050.
- 5 Cook RC, Nifong LW, Enterkin JE, et al. Significant reduction in annuloplasty operative time with the use of nitinol clips in robotically assisted mitral valve repair[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2007, 133(5): 1264-1267. DOI: 10. 1016/j. jtcvs. 2006. 10. 079.
- 6 Meehan JJ, Phearman L, Sandler A. Robotic pulmonary resections in children: series report and introduction of a new robotic instrument[J]. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 2008, 18(2): 293-295. DOI: 10. 1089/lap. 2007. 0078.
- 7 Cundy TP, Shetty K, Clark J, et al. The first decade of robotic surgery in children[J]. J Pediatr Surg, 2013, 48(4): 858-865. DOI: 10. 1016/j. jpedsurg. 2013. 01. 031.
- 8 李帅, 汤绍涛, 曹国庆, 等. da Vinci 机器人辅助胸腔镜下小儿肺叶切除术的初步经验[J]. 临床小儿外科杂志, 2020, 19(7): 619-621, 647. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2020. 07. 011.
- 9 Li S, Tang ST, Cao GQ, et al. Preliminary experience of thoracoscopic pulmonary lobectomy using da Vinci robotic-system in children[J]. J Clin Ped Sur, 2020, 19(7): 619-621, 647. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2020. 07. 011.

(收稿日期: 2021-03-28)

**本文引用格式:** 谭征, 俞建根, 梁靓, 等. 机器人辅助胸腔镜技术治疗小儿先天性肺部疾病的单中心研究[J]. 临床小儿外科杂志, 2021, 20(8): 708-711. DOI: 10. 12260/lxewkzz. 2021. 08. 002.

**Citing this article as:** Tan Z, Yu JG, Liang L, et al. Robot-assisted thoracoscopy in the treatment of congenital pulmonary diseases in children[J]. J Clin Ped Sur, 2021, 20(8): 708-711. DOI: 10. 12260/lxewkzz. 2021. 08. 002.