

·论著·

达芬奇机器人手术在儿童动脉导管未闭中的应用研究



全文二维码



开放科学码

应力阳 刘喜旺 谭 征 俞建根 舒 强

【摘要】 目的 评估达芬奇机器人手术治疗儿童动脉导管未闭的疗效与安全性。**方法** 回顾性分析浙江大学医学院附属儿童医院 2020 年 8 月至 2021 年 4 月共 35 例采用达芬奇机器人手术治疗的动脉导管未闭患者临床资料,收集患者年龄、体重、动脉导管直径、手术时间、术后住院时间、术后并发症及手术费用。术中采用右侧 90°卧位,观察孔及两操作孔置于腋中线第五肋间、腋前线第四肋间及肩胛下线第六肋间,辅助孔置于腋前线第七肋间,术中均采用 7 号丝线双重或三道结扎动脉导管,术后撤除呼吸机后送普通病房。**结果** 35 例均在机器人辅助下完成手术,无一例中转开胸手术;手术时间 20~84 min,平均 50.5 min;术中均无明显出血;术后住院时间 1~6 d,平均 1.8 d;术后动脉导管残余漏 1 例,喉返神经损伤致声音嘶哑 1 例,随访 3 个月后好转。平均住院费用 5.4 万,术后随访 1~6 个月无其他近期并发症。**结论** 达芬奇机器人手术治疗儿童动脉导管未闭创伤小,恢复快,是安全、有效及可靠的手术方式。

【关键词】 机器人;腹腔镜;动脉导管未闭/外科学;儿童

【中图分类号】 R541.13 R726.1

Application of Da Vinci robot assisted endoscopic technique in the treatment of patent ductus arteriosus in children. Ying Liyang, Liu Xiwang, Tan Zheng, Yu Jiangen, Shu Qiang. Department of Cardiac Surgery, Affiliated Children's Hospital, Zhejiang University School of Medicine, National Clinical Research Center for Children's Health, Hangzhou 310031, China. Corresponding author: Shu Qiang, Email: shuqiang@zju.edu.cn

【Abstract】 Objective To evaluate the efficacy and safety of Da Vinci robot assisted endoscopic technique in the treatment of patent ductus arteriosus (PDA) in children. **Methods** From August 2020 to March 2021, clinical data were retrospectively reviewed for 35 PDA children undergoing Da Vinci robot assisted endoscopy. Age, weight, diameter of ductus arteriosus, operative duration, postoperative hospital stay, postoperative complications and operative cost were recorded. During operations with right supine 90 degrees position, one observation hole and two operation holes were placed in V intercostal space of axillary midline, IV intercostal space of axillary front line and VI intercostal space of subscapular line. And one auxiliary hole was placed in VII intercostal space of anterior axillary line. PDA was ligated by silk VII thread with double or three folds during operation. Then they were withdrawn from a ventilator and returned to general ward. **Results** All procedures were completed with the assistance of robot. There was no intraoperative conversion into thoracotomy. The average operative duration was 50.5 (20-84) min. There was no obvious intraoperative hemorrhage. The average postoperative hospital stay was 1.8 (1-6) days. There was one case of residual ductus arteriosus. And another case of recurrent laryngeal nerve injury improved after 3-month follow-ups. The average cost of hospitalization was 54,000 yuan RMB. No other immediate complications occurred during a follow-up period of 1-6 months. **Conclusion** Da Vinci robotic surgery for pediatric PDA is safe, effective and reliable with minimal trauma, faster recovery and fewer surgical risks.

【Key words】 Robotics; Laparoscopes; Ductus Arteriosus, Patent/SU; Child

DOI:10.12260/lxewkzz.2021.12.015

基金项目:浙江省自然科学基金(编号:LY20H150012)

作者单位:浙江大学医学院附属儿童医院心脏外科,国家儿童健康与疾病临床医学研究中心(浙江省杭州市,310058)

通信作者:舒强, Email: shuqiang@zju.edu.cn

动脉导管未闭(patent ductus arteriosus, PDA)是常见的先天性心脏病之一,约占先天性心脏病的 5%~10%^[1]。由于 PDA 存在左向右分流,导致持续肺血流增加,左心前负荷增加,易造成心功能不全、感染性心内膜炎等,需要手术治疗。目前 PDA

手术方式包括开胸手术结扎、经皮穿刺封堵、胸腔镜下结扎等。这些方法存在创伤大、需要置入封堵器、视野不清晰等弊端。达芬奇机器人辅助下结扎 PDA 有创伤小、恢复快、无需封堵器等优点。本研究回顾性分析达芬奇机器人辅助胸腔镜下行 PDA 结扎术患者的临床资料,总结经验如下。

材料与方法

一、临床资料

以 2020 年 8 月至 2021 年 4 月在浙江大学医学院附属儿童医院行达芬奇机器人辅助胸腔镜下 PDA 结扎术的 35 例患者作为研究对象。部分患者存在反复呼吸道感染,心前区听诊闻及持续性机器样隆隆杂音,15 例仅闻及收缩期杂音。术前超声提示动脉导管未闭,左向右分流。胸片显示肺血增多,左心增大。心电图提示 5 例左心室高电压。1 例因超声提示降主动脉偏细,行 CT 血管成像排除狭窄。所有患者术前诊断和手术指征均明确。其中男 18 例,女 17 例,年龄 1.2 ~ 7.1 岁,中位年龄 2.6 岁;体重 9.5 ~ 37.0 kg,中位体重 14.0 kg;PDA 直径 0.15 ~ 0.56 cm,中位直径 0.30 cm;手术时间 40 ~ 120 min,中位时间 60 min;术后住院时间 1 ~ 6 d,中位时间 2 d;费用 51 703 ~ 62 577 元,中位费用 54 018 元。

二、手术方法

患者采取气管插管全身麻醉,将气管插管置入右侧主支气管,单肺通气,建立动脉血压监测及颈内中心静脉置管。术前置入食道超声,右侧卧位,右腋下垫高,固定体位。腋中线第五肋间置入镜孔,人工气胸压力维持 4 mmHg,肩胛中线第六肋间

及腋前线第四肋间置入操作孔,在腋前线第七肋间置入辅助孔(图 1)用于牵拉暴露及置入结扎线。置孔后连接第四代达芬奇机器人的机械臂,定位调整机械臂,置入马里兰钳及卡地亚钳,打开纵膈胸膜及主动脉外膜上至左锁骨下动脉,下至动脉导管下窗 2 cm 处,将迷走神经及其分支喉返神经夹在纵膈胸膜和主动脉外膜之间(图 2),辅助孔牵拉外膜,暴露动脉导管组织,钝性游离下窗,避免损伤迷走神经喉返支,再分离上窗,将马里兰钳从动脉导管下窗背面到达上窗,带两道 7 号丝线,降低收缩压至 60 mmHg 左右结扎动脉导管(图 3)。常规将气管插管回退至主支气管双肺通气,同时食道超声复查动脉导管无残漏,排完胸腔积气后缝合置孔处皮肤,于手术室常规撤离呼吸机后送普通病房。术后常规复查心脏超声及胸片。

结 果

35 例均顺利在达芬奇机器人辅助下完成手术,无一例转开胸手术,手术时间 20 ~ 84 min,平均 50.54 min;术中出血 2 ~ 3 mL,未留置胸腔引流管,平均住院费用 5.4 万,术中食道心脏超声复查未见残余分流。术后 1 ~ 6 d 出院,出院前复查超声心动图、胸片均未见异常,出院时切口愈合良好(图 4)。1 例术后 1 个月门诊复查超声心动图,发现动脉导管残漏 0.12 mm,该例患者术前动脉导管直径 0.56 cm,术中结扎动脉导管 2 道,复查食道超声及术后 1 d 复查超声未见残漏,术后 6 个月复查动脉导管残漏仍存在。1 例术后喉返神经损伤致声音嘶哑、喝水呛咳等,随访 3 个月好转。

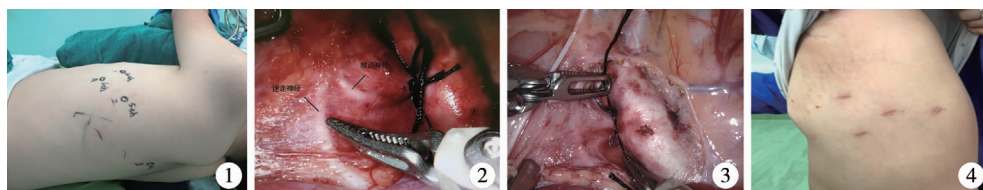


图 1 达芬奇机器人辅助胸腔镜技术治疗儿童 PDA 的术前置孔 图 2 达芬奇机器人辅助胸腔镜技术治疗儿童 PDA 注 黑色线:术中的迷走神经及喉返神经 图 3 达芬奇机器人辅助胸腔镜技术治疗儿童 PDA 术中结扎动脉导管 图 4 达芬奇机器人辅助胸腔镜技术治疗儿童 PDA 患者术后 1 个月皮肤切口

Fig.1 Preoperative foramen placing Fig.2 Vagus nerve and recurrent laryngeal nerve (indicated by black lines)

Fig.3 Intraoperative ligation of PDA Fig.4 Skin incision 1 month later

讨 论

动脉导管是胎儿时期正常血液循环的一部分,是连接降主动脉和肺动脉之间的正常通道。新生

儿出生后血氧分压上升,动脉导管组织收缩,造成出生后 24h 功能性关闭,并在数月至 1 年内解剖性关闭。足月儿 PDA 的发病率为 0.057%,而早产儿发生动脉导管未闭的概率较足月儿更高^[1,2]。动脉导管组织连接降主动脉与肺动脉,收缩期及舒张期

均存在大量左向右分流,分流量的大小与动脉导管直径和两侧压差呈正相关,大型动脉导管导致肺循环血流量增加,左心前负荷增加,体循环有效循环血量减少,从而导致肺动脉高压及左心功能不全。部分患者出生后动脉导管直径小,临床症状不明显,但随着年龄增大,会出现出汗、反复肺部感染、感染性心内膜炎等临床症状。

目前 PDA 治疗方案有以下几种:①后外侧或腋下切口 PDA 结扎或切断缝合术;②非甾体抗炎药物治疗;③内科介入 PDA 封堵术;④胸腔镜下 PDA 结扎术;⑤达芬奇机器人辅助胸腔镜下 PDA 结扎术。后外侧后腋下切口结扎 PDA 存在创伤大、恢复慢、切口瘢痕形成等问题,但适合于各种 PDA 的治疗,包括大型 PDA、窗型 PDA 等^[3];药物治疗只适合于早产儿 PDA 的治疗^[4];内科介入 PDA 封堵术存在放射性、封堵器长期存在体内、术后溶血以及核磁共振检查受限等弊端^[5-8];而胸腔镜下 PDA 结扎术存在术中转开胸、视野不清晰、游离和套扎 PDA 困难、术后肋间疼痛等弊端^[9-12]。

与传统腔镜相比,第四代达芬奇机器人手术系统具有以下优势:①清晰准确的三维立体视野定位更准确。②操控者手部和腕部的动作可被实时转化为精确的机械动作。③手术器械可在腕处转弯,弯曲及旋转的程度远超过人手的极限。颤抖滤除和直觉式运动可让操作更稳定、自然。④操作者无需上手术台,节省空间,避免主刀医生和助手间的拥挤以及对手术视野的阻挡。⑤良好的三维视野和简化的配合方式以及符合人体工程学设计的医生操作台能最大程度减少医生的疲劳。目前达芬奇机器人已广泛应用于成人泌尿外科、胸外科、妇产科、普外科、心脏外科等,随着微创技术的发展,达芬奇机器人甚至可以应用于头颈外科^[13-15]。但达芬奇机器人应用于小儿外科时间较短,与成人相比,小儿体腔空间狭小,传统的手术操作受到限制,腔镜手术的进步已经逐步解决了这个问题,但是对局限性病灶的精准操作,仍存在不足。而达芬奇机器人可在有限的空间内进行精细操作,减少手术副损伤,在提高疗效的同时最大限度地减轻患者痛苦。达芬奇机器人应用于小儿心脏外科相对较迟,最早是由 EL Bret 在 2002 年报道机器人辅助下 PDA 切断缝合,波士顿儿童医院 Suematsu^[17] 在 2005 年报道了达芬奇机器人辅助下 PDA 结扎术。

本组病例采用达芬奇机器人辅助胸腔镜下动脉导管结扎术,术中置孔位置选择非常重要,置孔位

置不佳导致手术视野不佳、操作困难以及机械臂之间对抗。本组病例采用四孔法,术中能有效避开左上肺叶的视野干扰,同时在分离结扎动脉导管时更加安全。手术均在右侧单肺通气下进行,人工气胸压力维持在 4 mmHg,视野放大倍数可根据术中病情、视野需要及手术操作者习惯调整,术中将动脉导管上下窗分离后可以清晰地显示动脉导管、迷走神经及其喉返分支,结扎时可以顺利避开喉返神经。本组有 1 例出现声音嘶哑、喝水呛咳等喉返神经损伤症状,考虑可能与早期未能有效分离纵隔胸膜及主动脉外膜,结扎动脉导管时损伤喉返神经有关,因此后面的手术尽可能将两层组织分离,将迷走神经及其喉返分支夹在两层膜之间,避免神经损伤。机器人 Endowrist 功能可以有效安全地游离动脉导管后壁,高清视野使深部打结更加快速安全有效。1 例术后 1 个月门诊复查心脏超声发现动脉导管残漏,考虑动脉导管粗大,结扎动脉导管不够紧,导致 1 个月后发现动脉导管残漏,后期对于粗大的动脉导管予结扎三道防止残漏,术中也常规需要食道超声及经胸超声评估是否存在残漏。

达芬奇机器人辅助下动脉导管结扎术有以下技术要求:①机械臂操作时无力量反馈,游离动脉导管后壁时需要特别小心,需通过视线和对器械的位置感来避免动脉导管组织后壁的损伤,结扎动脉导管时需密切观察丝线的紧张度,防止用力过度导致丝线断裂。②该手术需由具有多年开胸结扎动脉导管经验的医师主刀,可在紧急状态下行开胸动脉导管结扎术。本组主刀医师均有十余年心脏外科治疗经验,术中无一例大出血、丝线断裂及转开胸病例。本组病例早期因缺乏经验,故选择年龄 > 2 岁且体重 > 10 kg 的患者进行手术治疗,随着病例资料积累,年龄 < 2 岁者甚至婴儿都可以选择达芬奇机器人手术治疗。

除治疗动脉导管未闭外,目前达芬奇机器人还可以应用于血管环、双主动脉弓的手术治疗,但机器人辅助下体外循环治疗儿童先天性心脏病的病种受限,因为外周建立体外循环需要达到一定的年龄及体重,国内只应用于大龄患者房间隔缺损、室间隔缺损的手术治疗^[18,19]。另外,达芬奇机器人辅助腔镜治疗动脉导管平均手术费用达 5.4 万,费用偏高,且未进入医保报销,对于经济水平相对低下的家庭还有相当的负担。

参考文献

1 van der Linde D, Konings EE, Slager MA, et al. Birth preva-

- lence of congenital heart disease worldwide; a systematic review and Meta-analysis [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 58 (21): 2241–2247. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.08.025.
- 2 Hoffman JI, Kaplan S. The incidence of congenital heart disease [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2002, 39 (12): 1890–1900. DOI: 10.1016/s0735-1097(02)01886-7.
- 3 Pharande P, Karthigeyan S, Walker K, et al. Unilateral vocal cord paralysis after surgical closure of a patent ductus arteriosus in extremely preterm infants [J]. *J Paediatr Child Health*, 2017, 53 (12): 1192–1198. DOI: 10.1111/jpc.13632.
- 4 Lee JA, Kim MJ, Oh S, et al. Current status of therapeutic strategies for patent ductus arteriosus in very-low-birth-weight infants in Korea [J]. *J Korean Med Sci*, 2015, 30 (Suppl 1): S59–S66. DOI: 10.3346/jkms.2015.30.S1.S59.
- 5 Almeida-Jones M, Tang NY, Reddy A, et al. Overview of transcatheter patent ductus arteriosus closure in preterm infants [J]. *Congenit Heart Dis*, 2019, 14 (1): 60–64. DOI: 10.1111/chd.12712.
- 6 Agrawal H, Waller BR 3rd, Surendan S, et al. New patent ductus arteriosus closure devices and techniques [J]. *Interv Cardiol Clin*, 2019, 8 (1): 23–32. DOI: 10.1016/j.iccl.2018.08.004.
- 7 Gałeczka M, Szkutnik M, Białkowski J, et al. Transcatheter patent ductus arteriosus closure; what have we learned after over 25 years? A single-center experience with 1036 patients [J]. *Kardiologia Pol*, 2021, 79 (3): 287–293. DOI: 10.33963/KP.15812.
- 8 Claret M, Lopez BS, Boz E, et al. Complications during catheter-mediated patent ductus arteriosus closure and pulmonary balloon valvuloplasty [J]. *J Small Anim Pract*, 2019, 60 (10): 607–615. DOI: 10.1111/jsap.13046.
- 9 Slater BJ, Rothenberg SS. Thoracoscopic management of patent ductus arteriosus and vascular rings in infants and children [J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2016, 26 (1): 66–69. DOI: 10.1089/lap.2015.0126.
- 10 Garcia AV, Lukish J. Minimally invasive patent ductus arteriosus ligation [J]. *Clin Perinatol*, 2017, 44 (4): 763–771. DOI: 10.1016/j.clp.2017.08.010.
- 11 Muller CO, Ali L, Matta R, et al. Thoracoscopy versus open surgery for persistent ductus arteriosus and vascular ring anomaly in neonates and infants [J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2018, 28 (8): 1008–1011. DOI: 10.1089/lap.2017.0340.
- 12 Stankowski T, Aboul-Hassan SS, Marczak J, et al. Is thoracoscopic patent ductus arteriosus closure superior to conventional surgery? [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2015, 21 (4): 532–538. DOI: 10.1093/icvts/ivv185.
- 13 Kim ER, Lim C, Kim DJ, et al. Robot-assisted cardiac surgery using the da Vinci surgical system; a single center experience [J]. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 48 (2): 99–104. DOI: 10.5090/kjtc.2015.48.2.99.
- 14 Homma T, Shimada Y, Tanabe K, et al. Adverse factors and postoperative neuropathic pain in challenging video-assisted thoracoscopic surgery [J]. *Ann Palliat Med*, 2021, 10 (3): 2849–2858. DOI: 10.21037/apm-20-1729.
- 15 Du YF, Chen N, Li DQ. Application of robot-assisted surgery in the surgical treatment of head and neck cancer [J]. *Chinese Journal of Stomatology*, 2019, 54 (1): 58–61. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2019.01.011.
- 16 Le Bret E, Papadatos S, Folliquet T, et al. Interruption of patent ductus arteriosus in children: Robotically assisted versus videothoracoscopic surgery [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2002, 123 (5): 973–976. DOI: 10.1067/mtc.2002.121049.
- 17 Suematsu Y, Mora BN, Mihaljevic T, et al. Totally endoscopic robotic-assisted repair of patent ductus arteriosus and vascular ring in children [J]. *Annals of Thoracic Surgery*, 2005, 80 (6): 2309–2313. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2005.05.078.
- 18 杨明, 高长青, 肖苍松, 等. 机器人微创房间隔缺损修补术 54 例 [J]. *中国体外循环杂志*, 2011, 9 (4): 214–216. DOI: 10.3969/j.issn.1672-1403.2011.04.007.
Yang M, Gao CQ, Xiao CS, et al. Clinical application of robotic atrial septal defect closure using da Vinci S Surgical system; a report of 54 cases [J]. *Chinese Journal of Extracorporeal Circulation*, 2011, 9 (4): 214–216. DOI: 10.3969/j.issn.1672-1403.2011.04.007.
- 19 刘国鹏, 杨明, 王刚, 等. 机器人微创技术在成人房间隔缺损修补术中的应用 [J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2016, 32 (8): 464–466. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-4497.2016.08.005.
Liu GP, Yang M, Wang G, et al. Applications of robotic mini-invasive technique for adult ventricular septal repair [J]. *Chin J Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 32 (8): 464–466. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-4497.2016.08.005.

(收稿日期: 2021-04-19)

本文引用格式: 应力阳, 刘喜旺, 谭征, 等. 达芬奇机器人手术在儿童动脉导管未闭中的应用研究 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2021, 20 (12): 1179–1182. DOI: 10.12260/lcxewkzz.2021.12.015.

Citing this article as: Ying LY, Liu XW, Tan Z, et al. Application of Da Vinci robot assisted endoscopic technique in the treatment of patent ductus arteriosus in children [J]. *J Clin Ped Sur*, 2021, 20 (12): 1179–1182. DOI: 10.12260/lcxewkzz.2021.12.015.