

机器人辅助肺癌手术淋巴结清扫的研究进展

范坤¹, 孙玉慧¹, 陈胜¹, 矫文捷^{2*}

¹青岛大学医学部, 山东 青岛

²青岛大学附属医院胸外科, 山东 青岛

收稿日期: 2022年10月9日; 录用日期: 2022年11月8日; 发布日期: 2022年11月15日

摘要

肺癌是一种严重威胁人类生命的疾病, 其发病率及病死率在全球范围内都处于领先地位。而对于肺癌早期来说, 手术治疗依然是最有效的。肺癌的手术方式已经从原来的开放式手术过渡到现在的微创手术。而胸腔镜以及机器人辅助手术等微创技术也在胸外科领域发挥着日益重要的作用。借助着精确的控制系统、高清晰的成像系统和灵活的机械手臂, 该机器人操作的手术方式大大弥补了胸腔镜传统操作的缺陷, 同时其精准性、彻底性及安全性与开放式手术操作完全相当, 尤其适合淋巴结清扫。机器人手术能提供术后病理分期的准确依据, 对于患者预后和后续辅助治疗具有重要意义。

关键词

达芬奇机器人, 胸腔镜, 手术, 肺癌, 淋巴结

Research Progress in Lymph Node Dissection of Robot-Assisted Thoracic Surgery for Lung Cancer

Kun Fan¹, Yuhui Sun¹, Sheng Chen¹, Wenjie Jiao^{2*}

¹School of Medicine, Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department of Thoracic Surgery, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Oct. 9th, 2022; accepted: Nov. 8th, 2022; published: Nov. 15th, 2022

Abstract

World-wide, lung cancer is the most common malignant tumor with the highest morbidity and

*通讯作者 Email: jiaowenjie@163.com

文章引用: 范坤, 孙玉慧, 陈胜, 矫文捷. 机器人辅助肺癌手术淋巴结清扫的研究进展[J]. 临床医学进展, 2022, 12(11): 10130-10137. DOI: [10.12677/acm.2022.12111461](https://doi.org/10.12677/acm.2022.12111461)

mortality rates, and for early stage lung cancer, surgery is still the most effective treatment. Lung cancer surgery has undergone a transition from open surgery to minimally invasive surgery, and minimally invasive techniques represented by thoracoscopy and robotic surgery have played an increasing role in thoracic surgery. With its perfect mechanical control system, high-definition imaging quality and flexible robotic arms, compared to traditional thoracoscopic surgery, robotic surgery provides advantages, and is comparable to open surgery in terms of accuracy, thoroughness and safety, especially when it comes to the dissection of lymph nodes during lung cancer surgery. Robotic surgery can provide a basis for accurate postoperative pathological staging, which is of great significance for patient prognosis and subsequent adjuvant therapy.

Keywords

Robot, Thoracoscopy, Surgery, Lung Cancer, Lymph Node

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球范围内,恶性肿瘤以肺癌较为多见,同时也居癌症死亡原因的第一位,根据 GLOBOCAN 的报告表明,2020 年世界新增肺癌病例数目位居第二位,仅次于乳腺癌,占有新发肿瘤病例数目的 11.4% [1]。在现代医疗技术不断进步的背景下,很多以肺癌为靶点的治疗手段应运而生,但是外科手术仍然是早中期非小细胞肺癌的首选疗法[2]。秉持着外科处理的原则,目前国际上公认肺叶切除术 + 纵膈淋巴结清扫术为根治早期和中期非小细胞肺癌患者的金标准[3] [4]。肺癌外科治疗模式经历了从开胸手术到微创手术的转变,当前临床上以胸腔镜辅助胸外科手术(video-assisted thoracic surgery, VATS)和达芬奇机器人辅助胸外科手术(robot-assisted thoracic surgery, RATS)等微创手术方式逐渐替代了开放手术,这一新兴技术对肺癌外科治疗起着举足轻重的作用。微创手术能明显缓解术后病人痛苦,对缩短住院时间和加速病人术后康复有一定优势[5] [6]。随着科技水平的提高以及医疗技术的进步,人们对肺部疾病认识的深入,使得肺叶切除逐渐被更多地用于早期非小细胞癌的首选治疗。因此,肺叶切除术已广泛应用于临床,普及开来、推广开来、应用起来、成熟起来。但传统胸腔镜手术较开放手术学习曲线较长,而器械自身亦有缺陷[7]。近年来,随着外科医生们的不断研究与摸索,达芬奇机器人手术已被越来越多地应用于胸外科,并已成为微创外科手术领域中的领跑者。该机器人手术方式以精密机械控制系统、高清晰成像质量以及机动灵活的机械臂等优势弥补了胸腔镜手术中的传统模式,其操作精准度,彻底性以及安全性等方面可媲美开放手术,并同时兼顾微创手术的优点[8] [9] [10] [11]。

基于新技术和医学知识水平的进步,机器人辅助胸外科(RATS)凭借其自身所具备的优点[12] [13] [14],可能成为传统胸腔镜的一个替代选择。高清的 3D 成像系统、给予主刀医生的专属控制台以及灵活可控的机械手臂共同组成了先进的达芬奇机器人系统。该机器人系统可以提供 3D 高清可视化手术领域,增加了外科医生的舒适度。通过增加操作与震颤过滤功能以及改善器械的灵活性,大大增加了手术的稳定性与安全性,其具体优点如下: 1) 更加清晰的三维立体图像能够为手术提供更为直观、准确的信息,从而为术者的操作(包括更加精细的淋巴结清扫)提供便利; 2) 医师控制台的设计不需要手术台,只需要在操作台前坐着就可以进行多项操作,避免了传统操作那样的长时间的站立造成对主刀医生的体力以及精力的大量消耗; 3) 在手术过程中仅需要术者一人就可以进行操作,不需要助手的合作,也不会因为种

种合作的不默契对患者造成额外的伤害；4) 该机器模拟手臂系统突破了人体手腕关节的活动度局限，有七个活动度[15]，从而使结扎、缝合和切除等精细的操作能够在狭小的空间里顺利完成。除此之外，为了显著增强手术的安全性以及稳定性，达芬奇机器人系统上还设有消除人手颤动的装置，通过将术者的操作幅度按一定的比例降低，来实现手术操作的稳定以及准确。

2. 机器人辅助肺癌行淋巴结清扫的安全性

达芬奇机器人用于胸外科手术早在 2002 年就有报道[16]，Giulianotti 等人早在 2003 年[17]即报道了总共 38 例运用达芬奇机器人成功进行肺叶根治性切除术的经验。紧接着 Park 等人也在 2006 年[18]报道了 34 例在达芬奇机器人辅助下顺利完成根治性肺叶切除术成功经验，这就初步验证了这一种新兴技术在临床应用上的安全性和可行性。我国首例达芬奇机器人辅助肺癌根治术于 2009 年在上海胸科医院成功完成。2010 年罗清泉课题组报告 5 例在达芬奇机器人辅助下成功进行肺叶根治性切除术的所取得的初步成果[19]。随后，如雨后春笋一般，国内其他多家大型综合医院相继开展了此项新技术，并取得了较好疗效。此后达芬奇机器人被越来越多地用于胸外科手术，技术也越来越成熟。

2.1. 术中淋巴结清扫状况对比

针对早期 NSCLC 而言，手术过程中淋巴结清扫的彻底性是临床上行肺癌根治术是否成功的重要前提，同时也是验证达芬奇机器人能否辅助胸外科行肺癌手术的可行性的关键所在。而根据欧洲胸外科医师协会(ESTS)之前发布的一份关于肺癌根治术的指南[20]指出：就那些能够切除的非小细胞肺癌而言，不论采取哪种术式，淋巴结的清扫对于肺癌根治术而言都极其重要。首先，彻底的淋巴结清扫能为患者术后的精确病理分期提供强有力的支持，从而能明显的降低术后患者的复发率，进而能改善患者的预后状况[21]；其次，凭借彻底的淋巴结清扫所得到的精确病理分期，能为患者术后的进一步辅助治疗提供重要的参考；最后，淋巴结清扫意义在于术中是否能彻底地切除病灶。它的目的在于确定有无复发或转移以及肿瘤对周围脏器组织和血管的侵犯情况，并在此基础上决定采用何种术式，以期能够最大限度地保留机体正常功能，减少对患者的创伤。相关文献报道 RATS 与 VATS 在淋巴结清扫上无区别[22] [23]，但是较多的研究证实，相对于传统胸腔镜，机器人在术中清扫淋巴结站数及个数方面更具有优势[24] [25] [26] [27] [28]。图 1 为运用机器人辅助肺叶切除术中进行淋巴结清扫的相关图示。

2.2. 术中中转开胸和术后并发症状况对比

术中中转开胸的高危因素包含手术进行过程中血管破裂以及淋巴结阻碍等[29]。虽然达芬奇机器人相较于传统胸腔镜而言在淋巴结清扫方面更具有优势，然而由于机械臂上未安装触觉回馈系统，从而使得主刀医生无法像开放手术那样能够精确感知血管的张力变化，这是造成手术过程中血管破裂出血的关键因素。但是，Li 等[22]，Demir 等[30]，Mahieu 等[31]，Yang 等[11]的研究显示 RATS 与 VATS 在术中中转开胸比例和术后心肺血管并发症的发生率等方面相对比差异无统计学意义，由此说明机器人手术是完全安全的。因此，RATS 仍然是目前应用于肺癌根治术的主要手段之一。当然，术者总是能很好地运用各种手法克服新技术中的一些缺点，如 Kim [32]曾报告为了弥补缺少触觉反馈系统的不足，将血管吻合器安装到机械臂上后，手术过程中中转开胸率有明显的下降，从原来的 18.6%降低到 4.7%。而手术中中转开胸所造成的手术创伤相对较大，同时术后并发症的发生也将使得患者的住院时间相应延长，以上两点将增加病人住院期间的总花费。而机器人手术方式凭借着它手术创伤小、手术安全系数高以及术中操作精细灵活等优势将使其安全性能随手术技能及器械不断改进而大大提高，并以改善病人手术后生活质量补偿相对较高的住院费用。

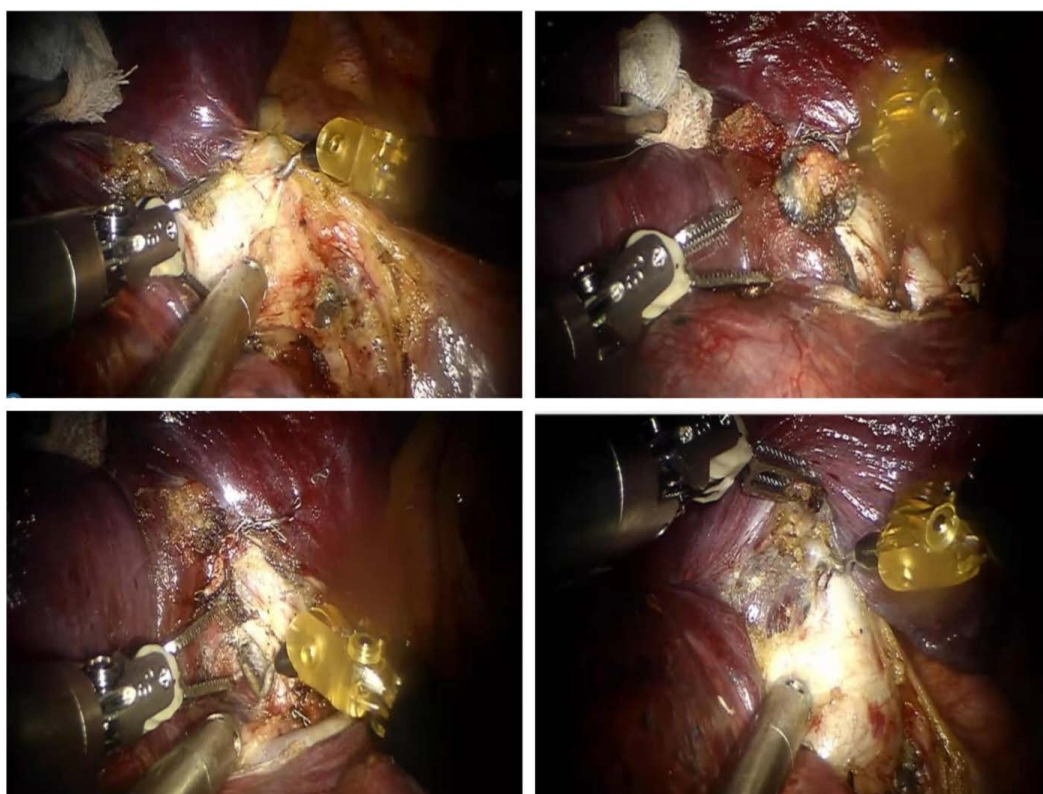


Figure 1. Schematic diagram of robot-assisted lymph node dissection for lung cancer
图 1. 机器人辅助肺癌淋巴结清扫示意图

2.3. 术中失血量和术后引流量状况对比

机器人手术以其微创的方式以及操作的安全性大大减轻了对患者的手术创伤。而创伤越小，术中失血量以及术后的引流量也就相对较少。Ma 等人进行的一项肺叶切除术后引流量与术后肺部并发症的相关性研究表明[33]，如果患者术后第 1d 胸腔引流量大于 265 ml 时，肺部并发症几率将显著增加。另有研究显示 RATS 术中出血量和术后第一天引流量都比较小[26] [28] [34] [35]。当然，这些仍需进一步研究验证。

3. 机器人辅助肺癌行淋巴结清扫的肿瘤学受益

3.1. 短期预后情况对比

肺癌切除的完整性以及病理分期的准确性很大程度上取决于淋巴结清扫是否彻底，彻底的淋巴结清扫对于患者的预后以及后续该选择何种辅助治疗方案来说至关重要。目前相关的前瞻性随机对照研究及回顾性研究均证实了这一点：从对淋巴结清扫的彻底性上来看，RATS 比起 VATS 来说丝毫不差；甚至在对 N1 组淋巴结的清扫上，RATS 较 VATS 显得更具有优越性。Mirza 等[36] 2010~2016 年对 9512 例肺叶切除术患者进行回顾性研究的结果表明，RATS 组和 VATS 组行肺叶切除术的 R0 切除率、术后 30 天和术后 90 天死亡率、术后 30 天再入院率等围手术期结果相似，而 VATS 组的中转开胸率更高($p < 0.001$)。Filippo 等[37]一项 2016 年至 2020 年的 299 例行机器人肺叶切除术的回顾性分析显示，采用机器人手术方式对早期 NSCLC 进行处理是安全、可行的，尤其在术中进行纵隔淋巴结清扫时，更是占尽优势。Merritt 等[38]回顾性分析了 200 例行肺叶切除术的患者的临床资料，显示机器人组中总淋巴结和 N2 淋巴结的中位数显著增加($p < 0.0001$)，结果表明，在淋巴结清扫的彻底性方面，机器人辅助方式或许更加具有优势。

Haruki 等[39]回顾性分析了 390 例肺叶切除术患者的临床资料显示, RATS 组和 VATS 组的淋巴结清扫数量中位数显著不同(18 vs 15, $p < 0.001$); 右上肺叶和肺门(即 2R、4R、10L 站)淋巴结方面(12 vs 10, $p = 0.002$) 差异显著; 左下气管旁和肺门(即 4L、10L 站)淋巴结方面(4 vs 3, $p = 0.019$) 还有明显的区别; 主动脉肺区(即 5、6 站)淋巴结(3 vs 2, $p = 0.001$) 和叶间和肺叶(即 11、12 站)淋巴结(7 vs 6, $p = 0.041$)明显不同, 结果表明 RATS 比 VATS 能清扫更多的淋巴结。尤以两侧上纵隔及肺门区域最为明显。Gallina 等人[40]通过对 2010~2019 年间纳入 505 例肺叶切除术加根治性淋巴结清扫术的 1 项回顾性分析显示 RATS 组纵隔淋巴结升期率及淋巴结清扫数较 VATS 组显著升高。但两组间仍存在较大差异, 其中主要原因在于: 1) 达芬奇高分辨率的 3D 成像系统能为手术提供更加直接立体的视觉感官体验, 让主刀医生能更加准确感知空间内各组织部位及深浅程度, 进而能为彻底的淋巴结清扫提供极大地便利; 2) 术者坐着就可以进行结扎、缝合和切除等多项精细手术操作, 避免了长久站立所造成的体力消耗; 同时达芬奇机器人系统上还设有消除人手颤动的装置, 极大地提高了手术操作的稳定以及准确, 为淋巴结的精细清扫提供了保证。而淋巴结转移所占比例明显下降, 差异有统计学意义, 结果表明机器人手术是一种较为稳妥和可行的手术方法。特别是在纵隔淋巴结清扫的精确度上; 这可以定义更精确的疾病病理阶段, 并在必要时进行更准确的术后治疗。Gullo 等[41]一项关于 2013 年至 2019 年 259 例临床 I 期非小细胞肺癌肺叶切除术的多中心研究表明, RATS 在轻微并发症、胸腔引流管带管天数、术后住院时间($p < 0.0001$)和淋巴结清扫数量($p = 0.0257$)等方面显示出明显的优势。Ghada 等[42]的一项 2011 年至 2016 年关于 RATS 肺癌根治术的研究中, 130 例患者术前纵隔淋巴结分期采用超声内镜/支气管超声、正电子发射断层扫描(PET)或纵隔镜检查, 结果在 14 名患者(10.8%)中发现了淋巴结升期, 其中 6 名患者(4.6%)从 cN0 升期到 pN2, 8 名患者(6.2%)从 cN1 升期到 pN2, 而在 54 个月(范围, 1.5~102 个月)的中位随访期间, 7 名患者(5.4%)检测到纵隔复发, 结果表明 RATS 提供了准确的淋巴结清扫和更为准确的淋巴结分期。

3.2. 长期预后情况对比

就长期存活而言, Zhang 等人所进行的一项关于 RATS/VATS 肺癌根治性手术的荟萃分析结果[43]证实了这一点, 两组在手术时间、术后并发症发生率、胸腔引流持续时间、R0 切除率、5 年总生存率(overall survival, OS)和复发率等方面均无差异。不过, RATS 组在术中出血量、术中中转开胸率以及术后住院天数等方面有显著差异, RATS 具有优势并且有较多的淋巴结清扫数, 5 年无病生存率(disease-free survival, DFS)更高, 从而证明 RATS 是一种安全可行的能够替代 VATS 的手术方式。Merritt 等[38]回顾性分析了 200 例行肺叶切除术的患者的临床资料, 显示两种手术方式的总生存期($p = 0.097$)和无复发生存期($p = 0.769$)的 Kaplan-Meier 生存率相似。结果表明, VATS 和 RATS 在远期存活方面相似。Ma 的一项荟萃分析[44]显示, 在手术时长、围手术期死亡率、在总生存期(OS)及术后无病生存期(DFS)等指标上, 2 组间均未见明显差别。Cerfolio 等人[45]的前瞻性队列研究对 4 个中心共计 1339 例行 RATS 手术的 NSCLC 相关资料进行回顾性分析, 结果表明, RATS 肺叶根治术后五年总生存率 OS 较 TNM7 版分期明显具有优势, 尤其是病理分期, NSCLC 手术后淋巴结清扫更加准确精细和准确, 这可能与患者更好的预后和更加适合的术后辅助治疗方案相关, 当然, 这需要更多的前瞻性随机对照研究来进一步证实这一点。

但在经济不断发展的今天, 人民生活水平有了很大改善, 科学技术水平有了很大进步, 许多早期 NSCLC 经由体检或高分辨率 CT 被发现。针对那些以磨玻璃成分为主的早期 NSCLC, 选择性淋巴结清扫则或许显得更为合适[46]。Zhou 等人[47]对 RATS 与 VATS 治疗后早期周围型 IA 期肺癌围手术期与远期结果进行了比较(< 2 cm), 结果表明: RATS 组比 VATS 组手术时间短、住院天数少、术中出血量少、术后患者下床活动时间早, 两组患者淋巴结的总清扫数量及术后并发症发生率相似; 而在 5 年内无复发生存期(recurrence-free survival, RFS)的对比上, RATS 与 VATS 相比差异亦无统计学意义。与传统的开胸

手术相比, 作为当前胸外科主流的微创手术方式, 包括 VATS 和 RATS, 可以显著改善短期预后, 并保持同等的长期预后。目前, RATS 作为一种新兴的治疗 NSCLC 的手术方式已在世界范围内得到越来越多的使用, 并显得越来越成熟, 这将对肺癌患者的短期及长期预后带来积极地影响。

4. 总结与展望

综上所述, 作为一种新兴技术的机器人手术系统逐渐应用于临床上, 明显的弥补了传统胸腔镜手术中存在的缺陷。机器人手术以其先进机械控制系统、高清晰成像质量及柔性机械手臂等特点, 无论从精准性、彻底性还是安全性, 特别是肺癌手术淋巴结清扫上, 均可达到与开放式手术相媲美的水平, 从而为准确分期肿瘤奠定基础。另外机器人手术还具有术中出血量及术后第 1 d 引流量较传统胸腔镜手术少等更多优点, 可改善肺癌患者的短期预后, 且这种优势将随术者熟练程度的增加进一步增强, 从而给患者的长期生活质量带来了潜在利益。另外, 机器人手术还具有微创化特点, 它不仅减少了切口疤痕, 同时也缩短了住院时间, 从侧面弥补了费用高的不足。达芬奇机器人系统具有很大的开发潜力, 但是还需要进一步完善。总之, 机器人手术已经成为一种安全有效的微创治疗手段, 将越来越多地被临床医师所接受并广泛应用于各类恶性肿瘤的诊治工作中。但是由于其自身存在局限性, 它不能完全取代开放手术。此外, 现有的机器人手术系统在手术费用, 手术孔数上暂无优势; 而且高额的成本及维护费用, 极大地限制了其在全国范围内的推广, 因此尚未在全国各中心全面推广。所以说机器人辅助外科手术在临床推广应用上还有很长一段路要走, 需要我们继续努力, 争取早日实现机器人手术的临床应用常规化。但不可否认的是, 机器人手术系统已经成为目前外科手术领域一个发展方向。而我们有充分的理由相信, 伴随着机器人手术系统不断地改进与更新, 手术成本的进一步下降, 机器人手术在肺部肿瘤外科治疗过程中将会发挥更大的作用, 让更多的病人获益。

参考文献

- [1] Sung, H., Ferlay, J. and Siegel, R.L. (2021) Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **71**, 209-249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- [2] Rossi, D. (2017) What Can We Save for the First-Line Treatment of NSCLC in 2016? *World Journal of Oncology*, **8**, 31-33. <https://doi.org/10.14740/wjon1017w>
- [3] Li, W., Yang, X.N, Liao, R.Q., et al. (2016) Intraoperative Frozen Sections of the Regional Lymph Nodes Contribute to Surgical Decision-Making in Non-Small Cell Lung Cancer Patients. *Journal of Thoracic Disease*, **8**, 1974-1980. <https://doi.org/10.21037/jtd.2016.06.49>
- [4] Lim, E., Baldwin, D., Beckles, M., et al. (2010) Guidelines on the Radical Management of Patients with Lung Cancer. *Thorax*, **65**, iii1-iii27. <https://doi.org/10.1136/thx.2010.145938>
- [5] Li, C., Hu, Y., Huang, J., et al. (2019) Comparison of Robotic-Assisted Lobectomy with Video-Assisted Thoracic Surgery for Stage IIB-III A Non-Small Cell Lung Cancer. *Translational Lung Cancer Research*, **8**, 820-828. <https://doi.org/10.21037/tlcr.2019.10.15>
- [6] Huang, J., Li, J., Li, H., Lin, H., Lu, P. and Luo, Q. (2018) Continuous 389 Cases of Da Vinci Robot-Assisted Thoracoscopic Lobectomy in Treatment of Non-Small Cell Lung Cancer: Experience in Shanghai Chest Hospital. *Journal of Thoracic Disease*, **10**, 3776-3782. <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.06.80>
- [7] Abbas, A.E. (2018) Surgical Management of Lung Cancer: History, Evolution, and Modern Advances. *Current Oncology Reports*, **20**, Article No. 98. <https://doi.org/10.1007/s11912-018-0741-7>
- [8] Cerfolio, R.J., Bryant, A.S., Skylizard, L. and Minnich, D.J. (2011) Initial Consecutive Experience of Completely Portal Robotic Pulmonary Resection with 4 Arms. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **142**, 740-746. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2011.07.022>
- [9] Louie, B.E., Wilson, J.L., Kim, S., et al. (2016) Comparison of Video-Assisted Thoracoscopic Surgery and Robotic Approaches for Clinical Stage I and Stage II Non-Small Cell Lung Cancer Using the Society of Thoracic Surgeons Database. *The Annals of Thoracic Surgery*, **102**, 917-924. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.03.032>

- [10] Park, B.J., Melfi, F., Mussi, A., *et al.* (2012) Robotic Lobectomy for Non-Small Cell Lung Cancer (NSCLC): Long-Term Oncologic Results. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **143**, 383-389. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2011.10.055>
- [11] Yang, H.X., Woo, K.M., Sima, C.S., *et al.* (2017) Long-Term Survival Based on the Surgical Approach to Lobectomy for Clinical Stage I Nonsmall Cell Lung Cancer: Comparison of Robotic, Video-Assisted Thoracic Surgery, and Thoracotomy Lobectomy. *Annals of Surgery*, **265**, 431-437. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001708>
- [12] Higuchi, M., Yaginuma, H., Yonechi, A., *et al.* (2014) Long-Term Outcomes after Video-Assisted Thoracic Surgery (VATS) Lobectomy versus Lobectomy via Open Thoracotomy for Clinical Stage IA Non-Small Cell Lung Cancer. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, **9**, Article No. 88. <https://doi.org/10.1186/1749-8090-9-88>
- [13] Park, B.J., Yang, H.X., Woo, K.M. and Sima, C.S. (2016) Minimally Invasive (Robotic Assisted Thoracic Surgery and Video-Assisted Thoracic Surgery) Lobectomy for the Treatment of Locally Advanced Non-Small Cell Lung Cancer. *Journal of Thoracic Disease*, **8**, S406-S413. <https://doi.org/10.21037/jtd.2016.04.56>
- [14] Okada, S., Tanaba, Y., Sugawara, H., *et al.* (2000) Thoracoscopic Major Lung Resection for Primary Lung Cancer by a Single Surgeon with a Voice-Controlled Robot and an Instrument Retraction System. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **120**, 414-415. <https://doi.org/10.1067/mtc.2000.107205>
- [15] 刘新. 达芬奇手术系统及其在肺癌手术中的应用[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆医科大学, 2017.
- [16] Yoshino, I., Hashizume, M., Shimada, M., Tomikawa, M. and Sugimachi, K. (2002) Video-Assisted Thoracoscopic Extirpation of a Posterior Mediastinal Mass Using the Da Vinci Computer Enhanced Surgical System. *The Annals of Thoracic Surgery*, **74**, 1235-1237. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(02\)03820-1](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(02)03820-1)
- [17] Giulianotti, P.C., Coratti, A., Angelini, M., *et al.* (1960) Robotics in General Surgery: Personal Experience in a Large Community Hospital. *Archives of Surgery*, **138**, 777-784. <https://doi.org/10.1001/archsurg.138.7.777>
- [18] Park, B.J., Flores, R.M. and Rusch, V.W. (2006) Robotic Assistance for Video-Assisted Thoracic Surgical Lobectomy: Technique and Initial Results. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **131**, 54-59. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2005.07.031>
- [19] Zhao, X., Qian, L., Lin, H., Tan, Q. and Luo, Q. (2010) Robot-Assisted Lobectomy for Non-Small Cell Lung Cancer in China: Initial Experience and Techniques. *Journal of Thoracic Disease*, **2**, 26-28.
- [20] Lardinois, D., De Leyn, P., Van Schil, P., *et al.* (2006) ESTS Guidelines for Intraoperative Lymph Node Staging in Non-Small Cell Lung Cancer. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, **30**, 787-792. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2006.08.008>
- [21] 谭胜. 浅论非小细胞肺癌患者术中淋巴结清除的数目与其预后的关系[J]. 当代医药论丛, 2016, 14(21): 45-47.
- [22] Li, J.T., Liu, P.Y., Huang, J., *et al.* (2019) Perioperative Outcomes of Radical Lobectomies Using Robotic-Assisted Thoracoscopic Technique vs. Video-Assisted Thoracoscopic Technique: Retrospective Study of 1075 Consecutive P-Stage I Non-Small Cell Lung Cancer Cases. *Journal of Thoracic Disease*, **11**, 882-891. <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.01.78>
- [23] 史博文, 孙冰生, 岳东升, 等. 达芬奇手术系统与胸腔镜在肺癌根治术中的对比分析[J]. 肿瘤防治研究, 2018, 45(2): 91-95.
- [24] 杜宁彬, 王伟峰, 王猛, 王成. 达芬奇机器人手术、胸腔镜手术及开胸手术治疗早期肺癌的疗效对比[J]. 现代肿瘤医学, 2019, 27(11): 1915-1917.
- [25] 韩露, 张春敏, 高凯, 等. 达芬奇手术机器人在恶性孤立性肺结节治疗中的临床应用[J]. 医药论坛杂志, 2019, 40(6): 62-65.
- [26] Liu, X., Xu, S., Liu, B., *et al.* (2018) Survival Analysis of Stage I Non-Small Cell Lung Cancer Patients Treated with Da Vinci Robot-Assisted Thoracic Surgery. *Chinese Journal of Lung Cancer*, **21**, 849-856.
- [27] Yang, S., Guo, W., Chen, X., Wu, H. and Li, H. (2018) Early Outcomes of Robotic versus Uniportal Video-Assisted Thoracic Surgery for Lung Cancer: A Propensity Score-Matched Study. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, **53**, 348-352. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezx310>
- [28] 胡博潇, 刘博, 许世广, 等. 达芬奇机器人与电视胸腔镜辅助手术治疗 I 期肺腺癌远期结果的倾向性评分匹配研究[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2020, 27(3): 284-289.
- [29] 孙耀光, 焦鹏, 田文鑫, 佟宏峰, 马超, 吴青峻. 全胸腔镜肺叶切除术中转开胸的临床研究[J]. 腹腔镜外科杂志, 2016, 21(9): 661-665.
- [30] Demir, A., Ayalp, K., Ozkan, B., Kaba, E. and Tokar, A. (2015) Robotic and Video-Assisted Thoracic Surgery Lung Segmentectomy for Malignant and Benign Lesions. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, **20**, 304-309. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivu399>
- [31] Mahieu, J., Rinieri, P., Bubenheim, M., *et al.* (2016) Robot-Assisted Thoracoscopic Surgery versus Video-Assisted

- Thoracoscopic Surgery for Lung Lobectomy: Can a Robotic Approach Improve Short-Term Outcomes and Operative Safety? *The Thoracic and Cardiovascular Surgeon*, **64**, 354-362. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1548733>
- [32] Kim, M.P., Nguyen, D.T., Meisenbach, L.M., Graviss, E.A. and Chan, E.Y. (2019) Da Vinci Xi Robot Decreases the Number of Thoracotomy Cases in Pulmonary Resection. *Journal of Thoracic Disease*, **11**, 145-153. <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.12.59>
- [33] 马骏, 张智光, 胡芸海. 胸腔镜肺叶切除术后引流量与术后肺部并发症的相关性分析[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2019, 26(6): 569-573.
- [34] 代锋, 王述民, 许世广, 徐惟, 丁仁泉, 刘博, 孟浩, 康云腾, 孟祥瑞, 林杰. 达芬奇机器人与电视胸腔镜辅助非小细胞肺癌根治术近期疗效配对的病例对照研究[J]. 中国肺癌杂志, 2018(3): 206-211.
- [35] 刘星池, 许世广, 徐惟, 等. 达芬奇机器人非小细胞肺癌手术疗效分析[J]. 中华腔镜外科杂志(电子版), 2017, 10(2): 97-101.
- [36] Baig, M.Z., Razi, S.S., Agyabeng-Dadzie, K., et al. (2022) Robotic-Assisted Thoracoscopic Surgery (RATS) Demonstrates a Lower Rate of Conversion to Thoracotomy than Video-Assisted Thoracoscopic Surgery (VATS) for Complex Lobectomies. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, **62**, ezac281. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezac281>
- [37] Gallina, F.T., Taj, R., Forcella, D., et al. (2022) Oncological Outcomes of Robotic Lobectomy and Radical Lymphadenectomy for Early-Stage Non-Small Cell Lung Cancer. *Journal of Clinical Medicine*, **11**, Article No. 2173. <https://doi.org/10.3390/jcm11082173>
- [38] Merritt, R.E., Abdel-Rasoul, M., D'souza, D.M. and Kneuert, P.J. (2022) Comparison of the Long-Term Oncologic Outcomes of Robotic-Assisted and Video-Assisted Thoracoscopic Lobectomy for Resectable Non-Small Cell Lung Carcinoma. *Journal of Robotic Surgery*, **16**, 1281-1288. <https://doi.org/10.1007/s11701-022-01368-y>
- [39] Haruki, T., Takagi, Y., Kubouchi, Y., et al. (2021) Comparison between Robot-Assisted Thoracoscopic Surgery and Video-Assisted Thoracoscopic Surgery for Mediastinal and Hilar Lymph Node Dissection in Lung Cancer Surgery. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, **33**, 409-417. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivab112>
- [40] Gallina, F.T., Melis, E., Forcella, D., et al. (2021) Nodal Upstaging Evaluation after Robotic-Assisted Lobectomy for Early-Stage Non-small Cell Lung Cancer Compared to Video-Assisted Thoracic Surgery and Thoracotomy: A Retrospective Single Center Analysis. *Frontiers in Surgery*, **8**, Article 666158. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2021.666158>
- [41] Gullo, R., Gagliardo, C.M., Palazzolo, M., et al. (2021) Postoperative Outcomes, Lymph Node Dissection and Effects on Costs among Thoracotomy, Video-Assisted and Robotic-Assisted Lobectomy for Clinical Stage I Non-Small Cell Lung Cancer. *Minerva Surgery*, **76**, 80-89. <https://doi.org/10.23736/S2724-5691.20.08395-9>
- [42] Shahin, G.M., Topal, B., Pouwels, S., et al. (2021) Quality Assessment of Robot Assisted Thoracic Surgical Resection of Non-Small Cell Lung Cancer: Nodal Upstaging and Mediastinal Recurrence. *Journal of Thoracic Disease*, **13**, 592-599. <https://doi.org/10.21037/jtd-20-2267>
- [43] Zhang, J., Feng, Q., Huang, Y., Ouyang, L. and Luo, F. (2022) Updated Evaluation of Robotic- and Video-Assisted Thoracoscopic Lobectomy or Segmentectomy for Lung Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Oncology*, **12**, Article 853530. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.853530>
- [44] Ma, J., Li, X., Zhao, S., et al. (2021) Robot-Assisted Thoracic Surgery versus Video-Assisted Thoracic Surgery for Lung Lobectomy or Segmentectomy in Patients with Non-Small Cell Lung Cancer: A Meta-Analysis. *BMC Cancer*, **21**, Article No. 498. <https://doi.org/10.1186/s12885-021-08241-5>
- [45] Cerfolio, R.J., Ghanim, A.F., Dylewski, M., et al. (2018) The Long-Term Survival of Robotic Lobectomy for Non-Small Cell Lung Cancer: A Multi-Institutional Study. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **155**, 778-786. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.09.016>
- [46] Haruki, T., Aokage, K., Miyoshi, T., et al. (2015) Mediastinal Nodal Involvement in Patients with Clinical Stage I Non-Small-Cell Lung Cancer: Possibility of Rational Lymph Node Dissection. *Journal of Thoracic Oncology*, **10**, 930-936. <https://doi.org/10.1097/JTO.0000000000000546>
- [47] Zhou, Q., Huang, J., Pan, F., et al. (2020) Operative Outcomes and Long-Term Survival of Robotic-Assisted Segmentectomy for Stage IA Lung Cancer Compared with Video-Assisted Thoracoscopic Segmentectomy. *Translational Lung Cancer Research*, **9**, 306-315. <https://doi.org/10.21037/tlcr-20-533>