

机器人肝脏切除手术的进展与展望

张雨晨¹, 陈伦举^{2*}

¹新疆医科大学研究生学院, 新疆 乌鲁木齐

²新疆维吾尔自治区人民医院肝胆外科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2023年10月11日; 录用日期: 2023年11月6日; 发布日期: 2023年11月13日

摘要

机器人肝切除术(robotic hepatectomy, RH)随着微创技术的发展而作为一项前沿技术近年来发展极其迅速, 也渐渐地推广到了全国各大医院之间。目前研究证明RH是安全有效的, 不过相比传统肝切除术也存在着技术较高、手术设备不完善以及较高的医疗费用等问题。但随着未来更加专业、正规的培训, 系统的研发以及对于成本的把控, RH也会朝着更标准化的方向迈进, 前景可观。本文将就机器人肝切除术的临床进展与未来展望作一综述。

关键词

机器人肝切除, 技术发展, 未来展望

Progress and Prospects of Robotic Liver Resection Surgery

Yuchen Zhang¹, Lunjian Chen^{2*}

¹Graduate School of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

²Department of Hepatobiliary Surgery, Xinjiang Uiger Municipal People's Hospital, Urumqi Xinjiang

Received: Oct. 11th, 2023; accepted: Nov. 6th, 2023; published: Nov. 13th, 2023

Abstract

Robotic hepatectomy (RH) has developed extremely rapidly in recent years as a cutting-edge technology with the development of minimally invasive techniques and has gradually spread to major hospitals across the country. Current research has proven that RH is safe and effective, but there are problems with higher technology, inadequate surgical equipment, and higher medical

*通讯作者。

costs compared to traditional hepatectomy. However, with more professional and formal training, systematic research and development, and cost control in the future, RH will move towards a more standardized direction with a promising future. This article will review the clinical progress and future prospects of robotic hepatectomy.

Keywords

Robotic Hepatectomy, Technological Development, Future Outlook

Copyright © 2023 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 20 世纪 90 年代, 由于肝脏血管和胆道结构的复杂性、暴露困难以及操作过程中出血的倾向, 肝脏切除术被认为与高发病率和死亡率有关。机器人手术采用 EndoWrists 器械, 为器械移动和震颤过滤提供 7 个自由度。它允许外科医生坐着进行长时间的手术, 并允许三维成像、实时放射学相关性和轻松的缝合操作[1] [2]。然而, 触觉的缺乏和这种技术的极高成本仍然是需要解决的主要问题[3]。RH 长久有效的应用, 出自 2023 年 RH 的国际共识[4]所提出的操作规范。作为微创手术中最先进的技术, 约有 70 个国家使用达芬奇手术机器人, 超过 1000 万例手术使用了达芬奇手术机器人。自 2001 年这项新技术首次成功应用于肝切除术以来[5], 越来越多的研究集中在机器人手术在肝外科领域的可行性和安全性上。首先是因为 RH 发展较晚, 但其发展很快, 例如解放军总医院较早进行尝试, 病例数量也积累了很多, 截至到 2019 年 7 月时已经开展 RH 超过 1000 例[6]。当机器人肝切除术首次在国际共识声明中被提及, 有限的研究表明, 机器人肝切除术的结果并不比其他技术差, 并且在微创肝脏手术中被认为很容易学习, 即使是适合机器人手术的器械也远远落后于其他技术器械[7]。

2. 机器人肝脏切除手术适应症

机器人肝切除术(robotic hepatectomy, RH)的适应症与腹腔镜手术的适应证相同, 包括: 原发性肿瘤(肝细胞癌和肝内胆管癌)结直肠癌和乳腺癌的转移性病变良性肿瘤(增大的血管瘤、腺瘤、局灶性结节性增生)症状性病变(囊肿和脓肿)然而, 从机器人入路中受益最多的患者是那些有后上节段病变的患者, 这些病变在切开时需要大切口, 以及传统腹腔镜方法难以触及的肿瘤。

RH 术的禁忌证除与开腹肝切除术禁忌证相同外, 主要包括: ① 耐受不了气腹的患者; ② 腹腔内粘连严重, 无法游离显露病灶的患者; ③ 出现肿瘤转移、扩散导致手术无法完成的患者。

3. 机器人肝脏切除术与腹腔镜肝脏切除术的比较

到目前为止, 还没有比较机器人和腹腔镜肝脏切除术的随机对照试验。1) 手术中的比较: 任昊楨等[8]发现结直肠癌肝转移患者中 RH 比性 LH 的手术时间更长, 但是术中出血情况、是否术中输血、中转开腹率都明显比 LH 少($P < 0.05$), 这些都表明了 RH 的术中表现优于 LH。一份包含 2630 例样本的大样本的 Meta 分析中提到[9], 平均时间更长($P < 0.001$), 术中平均出血量更少($P < 0.01$), 这同样表明了 RH 是安全有效的。

2) 术后疗效: 关于 LH 和 RH 的术后疗效, 也非常重要。纪文斌等[10]观察到 13 例接受 RALH 治疗

肝脏良、恶性肿瘤患者, 其中术后并发症以及术后转归率方面机器人手术明显优于传统腹腔镜和开放手术, 结论为手术效果较为满意。2019 年的新加坡卫生服务集团旗下医疗中心的文献提出结论: 即便复杂的肝切除术, 如大肝切除术、后叶切除术、重复肝切除术和位于困难的后上段的肿瘤切除术, 它也可以以低发病率和低开放转化率成功地进行[11]。这也表明对于一些手术较为困难的肝脏肿瘤, 机器人手术确实是较为优于传统腹腔镜手术。也有一些文献持有不同的态度, 如 2014 年来自美国肿瘤外科协会肝胆胰外科部的 Tsung 等[12]的, RH 对比 LH 手术无明显优势。综上所述, 部分研究确实证明了 RH 具有了安全性和有效性, 但是对比 LH 手术, 现阶段对于两种手术方式孰优孰劣, 尚有争议。

4. 机器人肝脏切除术的优势

RH 所具有的无法替代的优势: 1) 解决了传统腹腔镜手术的难题: RH 利用机器人手术器械较为柔软的特性, 克服了传统腹腔镜器械较为钢直的优点, 适宜在更加困难和狭小的空间下操作。特别是在传统腹腔镜里位于肝脏上后侧 1、4a、7、8 节段的切除变得更加困难的部位的切除中取得了较为优秀的成果, 将微创入路的益处扩展到更多的患者, 包括更低的估计失血量、更少的麻醉剂使用、更短的住院时间和改善的短期生活质量[13]。2) 操作中的强项: 机器人视频成像系统可以显示放大十倍的高清三维图像, 更加精细的操作使得肝门解剖更加方便、解剖肝后下腔更加安全、方便缝合、给予了更好的控制出血的方式、胆道和血管的吻合与重建也更加方便[14]。3) 利于术区视野的暴露: RH 镜头由主刀医师控制, 可以方便主刀医师随时进行调整, 以获得更加方便稳定的手术视野, 免除了传统腹腔镜手术中由于助手的原因而造成的视野不清。同时在术中可以在其他机械臂安装无损伤钳来帮助主刀医师更好的暴露手术部位。4) 对于一些年轻、外科经验较为薄弱医师来说, 借助机器人系统进行重复的联系, 也可以缩短学习时间[15]。上述描述中, 肝切除术中的胆管、血管的缝合操作, 解剖肝门区, 术区暴露等方面, 有着比腹腔镜更好的操作体验。同时, 随着对于外科手术医师的培训逐渐正规化、普遍化的发展, 会有更多的机器人手术被应用于临床。

5. 机器人肝脏切除术的不足

机器人手术肝切除术尚有一些不足之处: 1) 机器人手术操作系统缺少触觉反馈, 需要手术医师通过视觉判断缝线上的张力来调整器械力量[16]。2) 肝脏病灶切除完成后, 借由标本袋等器物, 将标本从腹腔内取出, 而这一过程, 通常需要延长切口, 若标本体积过大, 则扩大的切口可能会使其失去术后快速恢复的优势。3) RH 需要额外一名手术助手配合, 增加了不确定因素的存在。4) 目前 RH 手术所用器材比较腹腔镜手术或者开腹手术更少, 这就导致由于器材限制, 无法达到手术目的。5) 机器人手术运营成本大大增加[17], 从而提升的医疗成本, 使很多患者无法接受。这一系列都说明了, 在机器人手术发展方面确实存在一些上升空间, 对于这些不足的补充也是机器人手术系统下一步的发展方向。

6. 机器人肝切除的进展

6.1. 机器人肝切除术的技术进步

将荧光技术引入 RH 中, 利用吲哚菁绿在肝细胞肝癌和结直肠癌肝转移的病灶周围较为异常蓄积的特性, 可以帮助术者识别肝脏血管、正常胆道解剖结构和肿瘤的边界, 并可以通过近红外摄像机可视化系统进行观察[18], 有助于在 RH 中在肝脏解剖的原始表面获得合适的手术边缘[19]。影像学的发展对于外科的帮助是不言而喻的, 无论是在知道手术还是在明确诊断方面, 影像学都有着无法替代的功效。

6.2. 机器人肝切除术的未来发展重点

目前 RH 的发展重点在于, 将影像学代入术中, 制定最佳手术方案, 作为一项机器人手术的关键技

术, 现阶段其在术中的应用也已受到许多肝胆外科医师的关注[20]。目前已知的影像学技术, 包括 3D 模型, 借由 CT 和 MRI 等影像资料, 来对肝脏病灶进行标记, 从而在具体患者的准确定位。另一个 RH 的主要关注点在于手术器械的发展, 为使机器人手术更加广泛的应用, 更加适应于腹腔的微创器械, 小体积的操作台、机器人、机械臂等, 并且增加更多的配套工具等。同时对更多的肝胆外科医师进行培训, 优化培训的方案。另外, 随这计算机、人工智能、光学、材料科学等技术的发展, 在触觉反馈方面的发展也会作用于 RH 中, 从而提高手术的安全性和可靠性。机器人手术系统同样会成为远程手术的一展拳脚的平台, 早期 Marescaux 等[21]报道一例远程手术, 表明当数据传输速度较低并且图像信息不精确时, 极大阻碍外科医师术中观察判断, 增加手术难度[22], 但其案例也证明网络是开展远程手术的基础。随着国内通讯和网络的发展, 世界首例 5G 远程机器人手术也成功实施, 实现了多学科交叉的重大创新[23], 也为今后 RH 的远程手术打下了基础。

7. 总结

目前临床应用上已经证明了机器人肝切除的安全有效, 随着其进一步的发展, 包括开发更小的设备体积、更加适应腹腔镜操作的机械臂、更多用途的器械、触觉反馈等功能, 对于术中图像引导的应用。但随着机器人手术系统的完善, 以及外科医师经验的积累, 机器人手术系统的应用前景也必将更加广阔。

参考文献

- [1] Kitisin, K., Packiam, V., Bartlett, D. and Tsung, A. (2011) A Current Update on the Evolution of Robotic Liver Surgery. *Minerva Chirurgica*, **66**, 281-293.
- [2] Idrees, K. and Bartlett, D.L. (2010) Robotic Liver Surgery. *Surgical Clinics of North America*, **90**, 761-774. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2010.04.020>
- [3] Hyung, W.J. (2007) Robotic Surgery in Gastrointestinal Surgery. *The Korean Journal of Gastroenterology*, **50**, 256-259.
- [4] Liu, R., Hilal, M.A., Wakabayashi, G., Han, H.-S., Palanivelu, C., Boggi, U., et al. (2023) International Experts Consensus Guidelines on Robotic Liver Resection in 2023. *World Journal of Gastroenterology*, **29**, 4815-4830. <https://doi.org/10.3748/wjg.v29.i32.4815>
- [5] Giulianotti, P. C. (2003) 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>
- [6] 张海峰, 宋栋达, 刘荣. 达芬奇机器人右半肝切除技巧与经验[J]. 临床外科杂志, 2019, 27(8): 634-637.
- [7] Wakabayashi, G., Cherqui, D., Geller, D., Buell, J., et al. (2015) Recommendations for Laparoscopic Liver Resection: A Report from the Second International Consensus Conference Held in Morioka. *Annals of Surgery*, **261**, 619-629.
- [8] 任昊桢, 汤宁, 王帅, 张玉衡, 施晓雷. 机器人肝切除术与腹腔镜肝切除术治疗结肠癌肝转移的对比研究[J]. 肝胆胰外科杂志, 2021(2): 70-74.
- [9] Kamarajah, S.K., Bundred, J., Manas, D., Jiao, L.R., Hilal, M.A. and White, S.A. (2020) Robotic versus Conventional Laparoscopic Liver Resections: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Scandinavian Journal of Surgery*, **110**, 290-300. <https://doi.org/10.1177/1457496920925637>.
- [10] Ji, W., Wang, H., Zhao, Z., Duan, W., Lu, F. and Dong, J. (2011) Robotic-Assisted Laparoscopic Anatomic Hepatectomy in China. *Annals of Surgery*, **253**, 342-348. <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e3181ff4601>
- [11] Goh, B.K.P., Lee, L.-S., Lee, S.-Y., Chow, P.K.H., Chan, C.-Y. and Chiow, A.K.H. (2018) Initial Experience with Robotic Hepatectomy in Singapore: Analysis of 48 Resections in 43 Consecutive Patients. *ANZ Journal of Surgery*, **89**, 201-205. <https://doi.org/10.1111/ans.14417>
- [12] Tsung, A., Geller, D.A., Sukato, D.C., Sabbaghian, S., Tohme, S., Steel, J., Marsh, W., Reddy, S.K. and Bartlett, D.L. (2014) Robotic Versus Laparoscopic Hepatectomy. *Annals of Surgery*, **259**, 549-555. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000000250>
- [13] Lafaro, K. J., Stewart, C., Fong, A. and Fong, Y. (2020) Robotic Liver Resection. *Surgical Clinics of North America*, **100**, 265-281. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2019.11.003>
- [14] 《机器人肝胆胰手术操作指南》制定委员会. 机器人肝胆胰手术操作指南 [J]. 临床肝胆病杂志, 2019, 35(7):

- 1459-1471.
- [15] Shakir, M., Boone, B. A., Polanco, P. M., Zenati, M. S., Hogg, M. E., Tsung, A., Choudry, H. A., Moser, A. J., Bartlett, D. L., Zeh, H. J. and Zureikat, A. H. (2015) The Learning Curve for Robotic Distal Pancreatectomy: An Analysis of Outcomes of the First 100 Consecutive Cases at a High-Volume Pancreatic Centre. *HPB*, **17**, 580-586. <https://doi.org/10.1111/hpb.12412>
- [16] Hung, A.J., Patil, M.B., Zehnder, P., Cai, J., Ng, C.K., Aron, M., Gill, I.S. and Desai, M.M. (2012). Concurrent and Predictive Validation of a Novel Robotic Surgery Simulator: A Prospective, Randomized Study. *Journal of Urology*, **187**, 630-637. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2011.09.154>
- [17] Steinberg, P.L., Merguerian, P.A., Bihrl, W., *et al.* (2008) A da Vinci Robot System Can Make Sense for a Mature Laparoscopic Prostatectomy Program. *JSLs*, **12**, 9-12.
- [18] Mehdorn, A.-S., Beckmann, J.H., Braun, F., *et al.* (2021) Usability of Indocyanine Green in Robot-Assisted Hepatic surgery. *Journal of Clinical Medicine*, **10**, Article 456. <https://doi.org/10.3390/jcm10030456>
- [19] Kinoshita, M., Kawaguchi, T., Tanaka, S., *et al.* (2023) Application of Indocyanine Green Fluorescence Imaging for Tumor Localization during Robot-Assisted Hepatectomy. *Cancers*, **15**, Article 4205. <https://doi.org/10.3390/cancers15174205>
- [20] Kingham, T.P., Scherer, M.A., Neese, B.W., *et al.* (2012) Image-Guided Liver Surgery: Intraoperative Projection of Computed Tomography Images Utilizing Tracked Ultrasound. *HPB*, **14**, 594-603. <https://doi.org/10.1111/j.1477-2574.2012.00487.x>
- [21] Marescaux, J., Leroy, J., Gagner, M., *et al.* (2001) Transatlantic Robot-Assisted Telesurgery. *Nature*, **413**, 379-380. <https://doi.org/10.1038/35096636>
- [22] Xu, S., Perez, M., Yang, K., *et al.* (2014) Determination of the Latency Effects on Surgical Performance and the Acceptable Latency Levels in Telesurgery Using the dV-Trainer® Simulator. *Surgical Endoscopy*, **28**, 2569-2576. <https://doi.org/10.1007/s00464-014-3504-z>
- [23] 世界首例多点协同 5G 远程多学科机器人手术试验成功[J]. 信息系统工程, 2019(9): 2.