

机器人肝脏切除手术的临床现状与研究进展

马靖雯, 孟尧, 何天霖

(海军军医大学第一附属医院肝胆胰外科 上海 200433)

摘要 随着外科手术器械和腹腔镜技术的不断发展, 肝脏外科已经进入微创外科和精准外科时代。机器人辅助肝脏切除术已包含几乎所有传统开腹手术的适应证。目前临床研究显示, 与开腹手术和传统腹腔镜手术相比, 达芬奇手术机器人在肝脏切除术中的应用是安全、可行的。本文综合文献报道及临床实践, 针对达芬奇机器人在肝脏切除术的临床现状和研究进展做一综述。

关键词 机器人手术; 肝切除术; 微创手术

中图分类号 R608 R657 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2022) 01-0048-07

Clinical status and progress of robot-assisted laparoscopic liver resection

MA Jingwen, MENG Yao, HE Tianlin

(Department of Pancreatic and Hepatobiliary Surgery, the First Affiliated Hospital of Navy Medical University, Shanghai 200433, China)

Abstract With the development of surgical instruments and laparoscopic techniques, the concept of minimally invasive and precision has deeply penetrated the field of liver surgery. Robot-assisted laparoscopic liver resection nearly can be applied to all open liver surgeries. Comparing with conventional open liver surgery, robot-assisted laparoscopic liver resection is safe and feasible. This review aims to describe and discuss the clinical status and progress of robot-assisted laparoscopic liver resection by summarizing and analyzing the current literatures.

Key words Robot-assisted surgery; Liver resection; Minimally invasive surgery

收稿日期: 2021-01-07 录用日期: 2021-07-01

Received Date: 2021-01-07 Accepted Date: 2021-07-01

基金项目: 上海市“医苑新星”杰出青年医学人才计划 (2019020)

Foundation Item: Shanghai “Rising Stars of Medical Talent” Outstanding Youth Medical Talents(2019020)

通讯作者: 何天霖, Email: tlhe@smmu.edu.cn

Corresponding Author: HE Tianlin, Email: tlhe@smmu.edu.cn

引用格式: 马靖雯, 孟尧, 何天霖. 机器人肝脏切除手术的临床现状与研究进展 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2022, 3 (1): 48-54.

Citation: MA J W, MENG Y, HE T L. Clinical status and progress of robot-assisted laparoscopic liver resection[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2022, 3(1): 48-54.

Giulianotti P C 等^[1]报道了首例机器人肝脏切除手术。该机器人手术系统的优势包括：①具有灵活的仿真手腕，可进行无震颤的器械操作；②视频成像系统拥有高清三维立体成像，手术视野可放大 10 倍；③第 3 机械臂可持续而稳定牵拉。这些优势使得肝脏切除时肝门解剖得更精细，肝后下腔静脉解剖更安全、便利，止血缝合更有效，胆道及血管吻合、重建更方便。与腹腔镜下肝切除比较，机器人手术系统更具有优势，且相应的手术病例数逐年增加。结合国内外文献报道及本中心的临床实践，本文针对机器人手术在肝脏切除术中的临床现状和研究进展做一综述。

1 机器人肝脏手术适应证

目前，机器人辅助肝脏切除术(Robot-assisted laparoscopic liver resection, RLR)包含所有腹腔镜肝脏切除手术(Laparoscopic liver resection, LLR)的适应证：①肝脏恶性肿瘤：原发性肝癌、继发性肝癌；②良性疾病：巨大的肝海绵状血管瘤，局灶性结节增生，肝脓肿、肝囊肿、肝棘球蚴等囊性疾病，肝内胆管结石等。机器人手术系统的技术优势使得肝右上段病变的切除、胆道的重建、肿瘤间接侵犯门静脉分支或肝静脉不再是绝对禁忌证，而直接侵犯大血管需要血管重建也被认为只是相对禁忌证^[1]。RLR 术治疗肝癌遵循开腹肝切除术、LLR 治疗肝癌的安全性原则，原则上其适应证和禁忌证与开腹手术、LLR 术一致，术前需充分评估手术难度^[2]，且要求术者必须具有开展复杂腹腔镜及机器人肝胆手术的相关资质和丰富的开腹经验。

RLR 术的禁忌证除与开腹肝切除术禁忌证相同外，主要包括：①不能耐受气腹者；②腹腔内粘连难以分离暴露病灶者；③病变转移、扩散致手术不能完成者。

2 机器人肝脏切除的手术径路与策略

肝脏微创手术经过数十年发展，在传统开腹肝脏切除术的基础上逐渐构建出腹腔镜下特有的手术径路和手术策略。二者在学习曲线、手术入路、手术技巧等方面并不完全一致。相较于开腹肝脏手术从肝脏腹侧到背侧的固有视角和入路，肝脏腹腔镜手术入路有着更多的个性化选择。根据患者体型、病灶位置、切除范围等进行个性化入路的选择可充分显露术野和病灶，进而构建充足的可操作性空间，减少术中出血、缩短手术时间、减少并发症发生率，并避免二次手术^[3]。腹腔镜肝脏切除术的手术入路主要体现在 Trocar 的布局、肝脏游离的顺序、出肝和入肝血流的处理顺序、肝实质离断时的入路及标本取出等方面^[4]。机器人和腹腔镜也有所不同，机器人肝脏切除按照操作方向的不同，入路方式可以分为前入路、头侧入路和外侧入路等^[5]。

2.1 机器人肝脏切除术的体位及 Trocar 布局

患者的体位、镜头及 Trocar 位置主要取决于病灶所在部位。对于 1~6 段的病灶，主要采用前入路结合左侧入路方式。在全身麻醉诱导成功后，患者取平卧位，躯干抬高 15°~30°，手术台呈反 Trendelenburg 体位，先于脐右直接切开约 2mm 皮肤，并用 Veress 气腹针穿刺建立 CO₂ 气腹；放置直径 12mm 的 Trocar 作为镜头孔(Camera, C)，并在直视下分别在左腋前线、右腋中线和右腋前线放置 3 个直径 8mm 的 Trocar (Robot arm 1, R1; Robot arm 2, R2; Robot arm 3, R3)，最后再在脐周放置 1 个直径 12mm 的 Trocar 孔作为助手孔(Assistant, A)。各个 Trocar 之间的距离 >8cm，且以手术部位为中心，扇形分布。对于 7、8 段的肿瘤，则主要

采用头侧和外侧入路。患者取左侧卧位，右臂悬吊，依次在脐右侧做 C 孔（12mm Trocar），剑突下、肝下缘水平放置 R1（8mm Trocar），右腋前线紧贴肋缘放置 R2（8mm Trocar），左侧腹壁最低点紧贴肋缘处放置 R3（8mm Trocar），助手孔 A 可根据助手习惯放置于脐周（12mm Trocar）。根据术者和助手的习惯与经验决定患者双下肢是否分开。安装机械臂时尽量保证机械臂之间的间距最大化，以减少术中机械臂之间的干扰^[6]。

2.2 机器人肝脏切除手术步骤

2.2.1 探查

建立 C 孔后先全面探查腹腔、结肠、腹部其他邻近器官是否有转移，血管侵犯等情况，判断可行 RLR 术后再在直视下建立其他操作孔。随后使用超声探头明确是否有微小病灶、确认肿瘤与重要血管关系，结合术前影像学检查，基本确定肝脏断面和评估 R₀ 切除的可能性。

2.2.2 肝脏游离

需要根据不同部位病灶规划肝切除术范围，并做好相应肝脏的游离，以保障最佳手术视野。游离范围包括肝脏周围韧带，特殊部位的肝脏病灶需对腔静脉韧带、第二肝门或第三肝门行精细解剖。

2.2.3 肝门解剖

①第一肝门的离断：解剖第一肝门，于肝外打开 Glisson 鞘，解剖分离出预切除段的肝动脉、门静脉支和肝管。行半肝切除时，在靠近肝脏入肝处解剖出预切除段的肝动脉，并用可吸收生物夹夹闭后剪断；门静脉支用丝线结扎，并用 Hem-o-lok 夹闭阻断，然后在断肝过程中离断；肝门管道常伴有解剖变异，尤其以肝动脉和肝管居多，因此术前需结合影像学检查以降低风险，避免不必要的损伤和出血。如果行肝段切除，则可以用血管夹选择性阻断左、右入

肝血流；②第二肝门的离断：在离断肝实质至第二肝门处时，充分显露预切除段的肝静脉并在直视下以切割闭合器离断。在第二肝门附近操作时，需避免损伤肝静脉而造成不可控制的出血。如遇闭合器未将肝静脉完全离断导致肝静脉出血的情况，应立即适当压迫肝静脉，并以 Hem-o-lok 夹闭残留静脉后再次离断；③先行肝实质离断后再处理肝门：解剖结构清晰的患者，可根据肝脏表面标识或超声引导下先行肝实质离断，然后处理肝门。

2.2.4 肝实质的离断

离断预切除段的肝动脉后，肝脏表面会出现缺血线，此时可结合术中超声或吲哚菁绿荧光染色和肝静脉、腔静脉等解剖标识划定预切线。用超声刀、单极或双极电凝等器械从肝表面至肝深处离断肝实质。肝内细小管道用超声刀或单极、双极电凝即可凝断闭合；对于肝内较大管道可用钛夹、Hem-o-lok 夹闭后切断，或是分离周围肝组织后用腹腔镜直线切割闭合器离断或缝扎处理。肝断面的少量渗血可用单极或双极电凝止血并冲洗，以保持术野清晰。如遇创面渗血严重，可使用预先放置的肝门阻断带，以 Pringle 入肝血流阻断技术阻断第一肝门血流。

2.2.5 肝断面检查

用 0.9% 氯化钠溶液冲洗肝断面后，用干净纱布覆盖、擦拭，并观察、检查是否存在出血和胆漏。如遇断面小的活动出血，在确定非动脉出血后，可用双极电凝烧灼止血或采用止血纱布、止血棉等压迫止血；如遇动脉性出血、肝静脉破裂出血或较大胆管断端，应仔细观察创面，寻找出血点和来源血管，先以止血纱布、止血棉压迫或血管钳钳夹控制出血，进一步采用钛夹、Hem-o-lok 夹闭后离断或用 5-0 Prolene 缝线缝合修补处理。再次确认无出血及胆漏后，彻底清洗腹腔。

2.2.6 标本的取出

将标本装入一次性取物袋中，适当延长 C 孔或 A 孔，于脐周完整取出。如病灶考虑为恶性病变，应切开标本检查病灶的完整性，以及切除范围是否达到 R₀ 标准，必要时送术中冰冻病检。再次检查肝断面无渗血、胆漏后，从右侧 Trocar 孔放入引流管，并固定于腹壁。

2.3 机器人解剖性肝切除术与非解剖性肝切除术

1954 年 Couinaud C^[7] 根据肝脏功能和肝内管道结构区段性分布规律，提出将肝脏分为 8 段，以解剖性肝切除术为特征的精准肝切除术奠定了微创肝切除术的理论基础。随着微创外科理念和技术的不断发展，LLR 术已被证实在临床应用中是安全、可行的^[8-10]，能达到与开腹手术一样的肿瘤学效果，而 RLR 术在肝门解剖、实质离断、入肝血流控制及在狭小空间实施手术等方面的优势较 LLR 术更明显^[11-15]。RLR 术的目的是最大程度地彻底切除目标病灶，最大程度地保留有效肝脏体积，并以最小创伤代价安全、有效地完成手术。《腹腔镜肝切除术治疗肝细胞癌中国专家共识（2020 版）》^[16] 建议，针对肝癌患者应综合考虑肝脏肿瘤的大小、部位、血管侵犯和肝硬化程度及手术条件和团队经验等因素，在条件允许情况下优先选择解剖性肝切除术。赵学勤等^[17] 对解剖性肝切除组和非解剖肝切除组进行前瞻性对比研究，结果显示解剖组与非解剖组相比，手术时间明显延长，但术中出血量减少，术中输血量减少，住院时间缩短，1 年无瘤生存率增加，术后 1d、3d 时非解剖组血清中谷草转氨酶（AST）、谷丙转氨酶（ALT）、总胆红素（TBIL）较解剖组明显升高。JI W B 等^[18] 报道 13 例解剖性 RLR 术、20 例解剖性 LLR 术和 32 例配对的开腹肝切除术的研究

资料，结果显示解剖性 RLR 术手术时间更长，住院费用更高，但在出血量、输血率、Pringle 入肝血流阻断技术应用及手术并发症发生率等方面，解剖性 RLR 术明显优于 LLR 术和开腹肝脏切除术。也有文献建议^[16]，对于肿瘤过大或过小、跨越多个肝段、邻近重要血管、肝功能差、残肝体积不足及术中缺乏影像学引导等情况，不必强行实施解剖性肝切除术。

2.4 机器人肝脏切除及肝血流阻断

可根据不同的部位和手术方案选择不同的阻断技术，如 Pringle 法、间歇性 Pringle 法、渐进式肝门阻断法、区域性血流阻断等。有文献报道^[19]，Pringle 法入肝血流阻断技术作为肝切除手术常规阻断血流的方法，术后可能导致肝功能不全，出现术后肝功能恢复慢及肝脏缺血再灌注损伤等并发症，合并有肝硬化、乙肝的患者将进一步加重肝细胞损伤的程度。但也有研究认为^[20]，Pringle 法入肝血流阻断技术在结直肠癌肝转移瘤患者中无应用价值，但在肝细胞癌中，尤其是肝功能不佳或严重肝硬化的患者，仍然推荐预防使用 Pringle 法入肝血流阻断技术。ZHU P 等^[19] 对比间歇性 Pringle 法入肝血流阻断技术和选择性血流阻断技术（连续阻断肝动脉、间歇性阻断肝肿瘤部位的门静脉），结果显示在大多数患者中术后生化指标 ALT 和 AST 的水平在 7d 内恢复正常，间歇组的总 ALT、AST 和总胆红素水平明显高于选择性阻断组（ $P < 0.001$ ），选择性阻断组前白蛋白（56.4mg/L Vs 71.2mg/L, $P = 0.013$ ）和胆固醇指标（2.1mmol/L Vs 2.6mmol/L, $P < 0.001$ ）较间歇性组更早恢复正常。选择性阻断组中肝硬化、总胆红素 $> 17\text{mmol/L}$ 、HBV DNA $> 104\text{copy/ml}$ 的患者较间歇组患者术后并发症少。该团队认为中重度肝硬化、总胆红素 $> 17\text{mmol/L}$ 、HBV DNA $> 104\text{copy/ml}$ 的患者应

优先选择选择性血流阻断技术。目前在RLR术中Pringle法入肝血流阻断技术运用少^[14]，而在开放手术中运用较多^[21-22]，因机器人系统可以进行精细的肝脏止血，减少了血管阻断的需求，也减少了肝脏的缺血再灌注损伤^[23]。因此，在RLR术中Pringle法入肝血流阻断技术不是必需的，但是在肝门处预防性地放置阻断带并随时做好止血准备依然很有必要。

3 机器人肝脏切除的临床研究进展

3.1 机器人与开腹肝脏切除手术比较

Nota C L M A等^[24]报道31例机器人肝切除术与配对的31例开腹肝切除术病例的比较研究，结果显示机器人组术后住院时间短，平均为4d，开放手术组为8d。机器人组术后无患者转到重症监护病房，而开放手术组有8例患者。两组患者的肝切除术中位手术时间[222 (164~505) min Vs 231 (90~301) min, $P=0.668$]、出血量[200 (100~400) ml Vs 300 (125~750) ml, $P=0.212$]、主要并发症发病率(3% Vs 10%, $P=0.612$)、再入院率(10% Vs 6%, $P>0.99$)差异无统计学意义。Morel P等^[25]报道16例机器人肝切除术与配对的16例开腹肝切除术病例的临床研究，结果显示机器人组较开腹组住院时间减少(9.94d Vs 11.00d, $P=0.0699$)，而手术时间增加(352.81min Vs 239.56min, $P=0.0215$)。两组患者肿瘤切缘均为阴性，在术中输血率、并发症、再住院率、再手术率等方面差异无统计学意义($P>0.05$)。

3.2 机器人与腹腔镜肝切除术比较

Fruscione M等^[26]对173例微创肝切除手术患者进行大规模、单中心回顾性分析，结果显示RLR组术后重症监护室入住率比LLR组低(43.9% Vs 61.2%, $P=0.043$)，90d再入院率也

较低(7% Vs 28.5%, $P=0.001$)。研究指出典型的腹腔镜右肝切除术通常需要10~20个血管夹，而RLR组大部分肝切除术所需的血管夹数量下降，这种下降可能与术中使用双极电凝和凝血器械分离肝实质并凝固小血管分支有关。两组患者在出血量、手术时间、住院时间和并发症发病率等方面无统计学差异。ZHANG L等^[27]对28篇文章(包含RLR 1 312例，LLR 2 232例)进行Meta分析，结果显示RLR组较LLR组中转率显著下降，但手术时间、输血率和总成本显著增加。两组患者在失血量、并发症发病率、住院时间、死亡率、 R_0 和 R_1 切除率等方面无统计学差异。该团队认为与LLR术比较，机器人手术系统在大部分肝切除术中具有一定优势，外科医生可以使用该技术执行更为复杂的肝脏手术。

3.3 机器人肝脏切除肿瘤学结果

Khan S等^[28]对2006~2016年接受机器人辅助的肝细胞癌、胆管细胞癌和胆囊癌手术的患者进行一项国际多中心回顾性研究， R_0 切除率分别为94%、68%和81.8%，5年总生存率为56%，肝细胞癌、胆管细胞癌和胆囊癌的3年存活率分别为90%、49%和65%。该研究认为，机器人手术系统在原发性肝胆恶性肿瘤中的应用是安全、可行的，其长期肿瘤学效果可与已发表的开腹手术和腹腔镜手术资料相媲美。WANG W H等^[29]对2013~2016年接受RLR术的63例肝癌患者和接受开腹手术的177例肝癌患者进行回顾性分析，结果显示RLR组术后并发症发生率略低(11.1% Vs 15.3%, $P=0.418$)，住院时间明显减少[(6.21 ± 2.06) d Vs (8.18 ± 6.99) d, $P=0.001$]，肝癌总复发率降低(27% Vs 37.3%, $P=0.140$)，手术时间增加[(296 ± 84) min Vs (182 ± 51) min, $P=0.032$]。RLR组1~3年无瘤存活率分别为77.8%、71.9%和71.9% ($P=0.325$)，开腹组为72.5%、64.3%

和 61.6%。RLR 组 1~3 年总生存率分别为 100%、97.7% 和 97.7% ($P=0.137$)，开腹组为 95.4%、92.3% 和 92.3%。该研究证实，RLR 术是一种安全、可行的手术，肿瘤学效果与开腹手术相当。也有文献报道^[13]，RLR 术和 LLR 术在输血率、切缘阳性率和长期预后方面均无明显差异，RLR 术短期和长期肿瘤学效果与 LLR 术效果相当。

4 结语

肝脏作为全身最大的实质器官，具有肝动脉、门静脉双重供血系统，其血流量大，且后上段深在的解剖位置和肝门复杂的解剖结构、肝血管和胆道很高的解剖变异率决定了肝脏切除手术具有操作难度大、手术风险高的特点。随着肝脏开腹手术日趋成熟，腹腔镜技术和外科手术技术不断发展，肝脏外科已经进入微创外科和精准外科时代。而机器人手术系统的引入克服了腹腔镜活动度受限、学习曲线长、手部颤动等限制，具有放大 10 倍以上的三维立体操作视野；7 个自由度的仿真手腕能完成紧握、上下、旋转、左右等动作，且可以滤过人手的疲劳颤抖，使其在狭小解剖区域中能够发挥准确显露和精细操作的优势。机器人微创外科手术在泌尿外科、妇科、血管外科、骨科等专业都取得了不错的成果，但在世界范围内机器人肝胆胰外科手术开展较晚，仍处于探索和研究阶段，且报道数量有限，仍需要更多大样本、多中心、随机对照和前瞻性的研究进一步评估，且仍不能替代所有开腹手术^[30]。

参考文献

- [1] Giulianotti P C, Coratti A, Sbrana F, et al. Robotic liver surgery: results for 70 resections [J]. *Surgery*, 2011, 149(1): 29-39.
- [2] Kawaguchi Y, Fuks D, Kokudo N, et al. Difficulty of laparoscopic liver resection: proposal for a new classification [J]. *Annals of Surgery*, 2018, 267(1): 13-17.
- [3] 刘荣, 刘渠, 王斐. 微创肝切除手术入路动态匹配决策模型及应用 [J]. *腹腔镜外科杂志*, 2019, 24(3): 166-168.
- [4] 刘荣, 王斐. 腹腔镜肝切除手术入路合理选择及评价 [J]. *中国实用外科杂志*, 2017, 37(5): 466-468.
- [5] 曹君, 陈亚进. 浅谈腹腔镜肝切除之入路 [J]. *中华外科杂志*, 2019, 57(7): 503-507.
- [6] 刘荣, 赵之明. 正确认识“达芬奇”手术机器人在肝胆胰外科中的作用 [J]. *中华腔镜外科杂志(电子版)*, 2012, 5(2): 83-85.
- [7] Couinaud C. Liver lobes and segments: notes on the anatomical architecture and surgery of the liver [J]. *Presse Med*, 1954, 62(33): 709-712.
- [8] Matsukuma S, Tokumitsu Y, Nakagami Y, et al. Laparoscopic resection reduces superficial surgical site infection in liver surgery [J]. *Surgical Endoscopy*, 2021. DOI: 10.1007/s00464-020-08233-9.
- [9] Haruna K, Katsura Y, Takeda Y, et al. Analysis of laparoscopic liver resection for hepatocellular carcinoma with cirrhosis [J]. *Gan To Kagaku Ryoho Cancer & Chemotherapy*, 2020, 47(13): 2388-2390.
- [10] Elfrink A K E, Haring M P D, de Meijer V E, et al. Surgical outcomes of laparoscopic and open resection of benign liver tumours in the Netherlands: a nationwide analysis [J]. *HPB: the Official Journal of the International Hepato Pancreato Biliary Association*, 2020. DOI: 10.1016/j.hpb.2020.12.003.
- [11] Rho S Y, Lee J G, Joo D J, et al. Outcomes of robotic living donor right hepatectomy from 52 consecutive cases: comparison with open and laparoscopy-assisted donor hepatectomy [J]. *Annals of Surgery*, 2020. DOI: 10.1097/SLA.0000000000004067.
- [12] Goh B K, Low T Y, Teo J Y, et al. Adoption of robotic liver, pancreatic and biliary surgery in Singapore: a single institution experience with its first 100 consecutive cases [J]. *Annals of the Academy of Medicine Singapore*, 2020, 49(10): 742-748.
- [13] Lim C, Salloum C, Tudisco A, et al. Short-and long-term

- outcomes after robotic and laparoscopic liver resection for malignancies: a propensity score-matched study [J]. *World Journal of Surgery*, 2019, 43(6): 1594–1603.
- [14] Lee S J, Lee J H, Lee Y J, et al. The feasibility of robotic left-side hepatectomy with comparison of laparoscopic and open approach: consecutive series of single surgeon [J]. *The International Journal of Medical Robotics+Computer Assisted Surgery: MRCAS*, 2019, 15(2): e1982.
- [15] Montalti R, Scuderi V, Patrì A, et al. Robotic versus laparoscopic resections of posterosuperior segments of the liver: a propensity score-matched comparison [J]. *Surgical Endoscopy*, 2016, 30(3): 1004–1013.
- [16] 中国研究型医院学会肝胆胰外科专业委员会. 腹腔镜肝切除术治疗肝细胞癌中国专家共识 (2020 版) [J]. *中华消化外科杂志*, 2020, 19(11): 1119–1134.
- [17] 赵学勤, 朴纪颖, 张秉武, 等. 腹腔镜解剖性肝切除术与非解剖性肝切除术的前瞻性对比研究 [J]. *中华普外科手术学杂志 (电子版)*, 2020, 14(6): 581–584.
- [18] JI W B, WANG H G, ZHAO Z M, et al. Robotic-assisted laparoscopic anatomic hepatectomy in China: initial experience [J]. *Annals of Surgery*, 2011, 253(2): 342–348.
- [19] ZHU P, ZHANG B, WANG R, et al. Selective inflow occlusion technique versus intermittent pringle maneuver in hepatectomy for large hepatocellular carcinoma: a retrospective Study [J]. *Medicine*, 2015, 94(50): e2250.
- [20] LIN N, LI J, KE Q, et al. Does intermittent pringle maneuver loss its clinical value in reducing bleeding during hepatectomy? A systematic review and meta-analysis [J]. *International Journal of Surgery (London, England)*, 2020.DOI: 10.1016/j.ijssu.2020.06.034.
- [21] Lee K F, Chong C C N, Cheung S Y S, et al. Impact of intermittent pringle maneuver on long-term survival after hepatectomy for hepatocellular carcinoma: result from two combined randomized controlled trials [J]. *World Journal of Surgery*, 2019, 43(12): 3101–3109.
- [22] Lee K F, Wong J, Cheung S Y S, et al. Does intermittent pringle maneuver increase postoperative complications after hepatectomy for hepatocellular carcinoma? a randomized controlled trial [J]. *World Journal of Surgery*, 2018, 42(10): 3302–3311.
- [23] Pesi B, Moraldi L, Bartolini I, et al. Pringle maneuver in robotic liver surgery: preliminary study [J]. *Minerva Chirurgica*, 2018, 73(5): 482–487.
- [24] Nota C L M A, Molenaar I Q, van Hillegersberg R, et al. Robotic liver resection including the posterosuperior segments: initial experience[J]. *The Journal of Surgical Research*, 2016, 206(1): 133–138.
- [25] Morel P, Jung M, Cornateanu S, et al. Robotic versus open liver resections: a case-matched comparison [J]. *The International Journal of Medical Robotics+Computer Assisted Surgery : MRCAS*, 2017.DOI: 10.1002/res.1800.
- [26] Fruscione M, Pickens R, Baker E H, et al. Robotic-assisted versus laparoscopic major liver resection: analysis of outcomes from a single center [J]. *HPB: the Official Journal of the International Hepato Pancreato Biliary Association*, 2019, 21(7): 906–911.
- [27] ZHANG L, YUAN Q, XU Y, et al. Comparative clinical outcomes of robot-assisted liver resection versus laparoscopic liver resection: a meta-analysis [J]. *PLoS One*, 2020, 15(10): e0240593.
- [28] Khan S, Beard R E, Kingham P T, et al. Long-term oncologic outcomes following robotic liver resections for primary hepatobiliary malignancies: a multicenter study [J]. *Annals of Surgical Oncology*, 2018, 25(9): 2652–2660.
- [29] WANG W H, KUO K K, WANG S N, et al. Oncological and surgical result of hepatoma after robot surgery [J]. *Surgical Endoscopy*, 2018, 32(9): 3918–3924.
- [30] 张红萍. 我国达芬奇手术机器人在肿瘤外科应用的文献计量分析 [J]. *中国肿瘤外科杂志*, 2020, 12(6): 543–547.