综述 DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.003647

机器人肝切除术的研究进展及现状

罗　雯，张华阳，涂　兵
（重庆医科大学附属第二医院肝胆外科，重庆　400010）

【摘　要】肝脏微创手术对于特定的病例具有明确的作用，是目前公认的开放手术的替代方案。与开放手术相比，腹腔镜手术能改善围术期结局，同时也能提供同等的肿瘤学结果。尽管如此，由于肿瘤位置较深、肝脏暴露困难、出血难以控制等原因，部分手术仍通过开放手术进行。机器人手术的三维图像、手腕式的仪器等优势，为微创手术带来了新的发展。总体而言，目前的证据表明，机器人手术在肝脏手术中是安全可行的，短期和长期肿瘤学结局均显示出可观的结果。由于机器人是一项相对较新的技术，因此很少有大型高质量研究可用。该领域的大多数已发表研究包括回顾性综述、病例对照研究等，需要大型前瞻性随机研究来进一步支持其使用。

【关键词】机器人；肝切除术；腹腔镜；研究进展
【中图分类号】R657　　【文献标志码】A　　【收稿日期】2024-06-21

Research advances and current status of robotic hepatectomy

Luo Wen, Zhang Huayang, Tu Bing
(*Department of Hepatobiliary Surgery, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University*)

【**Abstract**】Minimally invasive liver surgery has a marked clinical effect on specific cases and is currently considered an alternative to open surgery. Compared with open surgery, laparoscopy can improve perioperative outcomes and provide equivalent oncological outcomes. Nevertheless, open surgery is still performed in certain cases due to the reasons such as the deep location of the tumor and the difficulty in exposing the liver and controlling bleeding. Robotic surgery brings new development to minimally invasive surgery with its advantages of three-dimensional image and wrist-mounted instruments. Overall, current evidence suggests that robotic surgery is safe and feasible in liver surgery, with considerable short- and long-term oncological outcomes. Since robotic surgery is a relatively new technique, there are few large-scale high-quality studies. The studies published in this area mainly include retrospective reviews and case-control studies, and large-scale randomized prospective studies are needed to further support its application in clinical practice.

【**Key words**】robot; hepatectomy; laparoscopy; research advances

肝脏是人体最大的实体器官，在新陈代谢和消化中起着至关重要的作用。据统计，肝癌是全球第六大常见癌症（占总病例的4.7%），也是全球癌症死亡的第三大原因（占癌症死亡总数的8.3%）[1]。肝癌分为原发性和继发性两大类，原发性肝癌主要包括肝细胞癌（hepatocellular carcinoma，HCC）、肝内胆管癌（intrahepatic cholangiocarcinoma，ICC）和肝细胞癌-胆管癌（combined hepatocellular-cholangiocarcinoma，cHCC-CCA），继发性肝癌多见于胃肠道等器官恶性肿瘤的转移。肝癌的常见治疗方法包括手术治疗、介入治疗、放疗、靶向治疗、免疫治疗等，其中，手术治疗是肝癌目前最有效的治疗方法。

肝癌的手术方式分为开放手术和微创手术，而微创手术方法包括腹腔镜手术和机器人手术。在过去二十年中，腹腔镜手术的使用急剧增加，腹腔镜技术对肝脏良性肿瘤及恶性肿瘤的益处已得到明确证明[2]。近年来，机器人技术的出现引领了微创外科的进一步发展，其已广泛应用于多学科领域，包括泌尿外科、普外科、胸心外科等。自2001年首次将机器人应用于肝切除术以来[3]，大量研究关注机器人技术在肝脏手术领域的可行性及安全性。因此，本文将综述机器人技术在肝脏手术中的可行性、安全性、有效性和经济成本等，并与开放手术和腹腔镜手术进行比较。

1　腹腔镜技术在肝脏手术中的应用

自1991年首次报道腹腔镜肝切除术（laparoscopic liver

作者介绍：罗　雯，Email：1010297949@qq.com，
研究方向：主要从事肝移植及肝脾相关疾病的研究工作。
通信作者：涂　兵，Email：300403@hospital.cqmu.edu.cn。
基金项目：国家自然科学基金青年科学基金资助项目（编号：81701950）。
优先出版：https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20241210.1342.008（2024-12-11）

resection，LLR）以来[4]，微创技术被广泛用于肝切除术，已有多项报道证实了腹腔镜技术在肝脏手术中的可行性及安全性[5-10]。随着LLR的普遍临床应用，LLR的切除范围已从最初的小肝切除术，扩大到大肝切除术（即≥3个Couinaud阶段）、活体肝切除术及联合肝脏离断及门脉结扎的分次肝切除术（associating liver partition and portal vein ligation for staged hepatectomy，ALPPS）。

大量研究表明，与开放肝切除术（open liver resection，OLR）相比，LLR在不影响肿瘤学结局的情况下，可以减少腹壁及侧支循环破坏、减轻术后疼痛、改善美容效果、降低术后并发症发生率、缩短术后住院时间，还可以降低切口疝和腹膜粘连的风险[11-12]。

然而由于腹腔镜器械运动程度的有限性、镜头的不稳定性、二维视觉、内在的人体震颤、学习曲线长等局限性，腹腔镜手术仍然不被认为是行大肝切除术或者出血风险高的病例的理想选择。机器人技术的出现给微创手术带来了进一步的发展。

2 机器人技术在肝脏手术中的发展

机器人手术的出现，克服了腹腔镜手术的一些局限性。机器人平台的稳定性、三维的高清视觉、增加的器械自由度、震颤过滤，为外科医生提供了更高的灵活性。即使在狭窄的手术区域，也能进行精确的解剖和缝合，从而更容易地解剖肝门、清扫淋巴结、胆道重建和控制出血[13-14]。此外，相比LLR的长学习曲线（60例患者[15]），机器人肝切除术（robotic liver resection，RLR）的学习曲线更短。Zhu P等[16]进行CUSUM分析显示，在连续进行第30例RLR时，开放转化率达到平均值，并在此后进一步改善。Karimian F等[17]同样采用CUSUM分析显示，在45例机器人右半肝切除术和35例机器人左半肝切除术后，平均手术时间和中位术中失血量均明显降低。

随着机器人技术的发展，机器人手术被广泛运用于肝脏手术。荷兰的1项多中心回顾性研究显示，RLR在全国肝切除术的使用率从2014年的0.2%增长到了2020年的11.9%，在微创中的比例从2%增长到28%[18]。其适应证包括恶性和良性病变，恶性肿瘤是RLR中最常见的，超过70%，其中最常见的是肝细胞癌约占51%，其次是结直肠癌肝转移约占35%。在良性病变中，30%为肝血管瘤，20.5%为肝脏局灶性结节性增生（focal nodular hyperplasia，FNH），13.7%为肝内胆管结石[19]。RLR的切除范围也在逐步扩大，已不局限于楔形肝切除术，更多地运用于半肝切除术、扩大半肝切除术、肝后上段切除术，一些外科医生还利用其进行活体供体肝切除术以及ALPPS。

迄今为止，大多数报告都表明了RLR是安全、可行的[20-22]，但这些研究大多是病例报告，大样本量的病例对照研究相对较少，同时也缺乏高质量的随机对照研究。根据目前的研究结果，关于手术时间、术中失血量、术后并发症发生率和经济成本等在不同报告中仍然存在一定的分歧，这限制了RLR的进一步发展。

3 RLR和LLR对比

在过去的十年里，已发表多项关于RLR和LLR比较的回顾性队列研。研究显示，机器人组切除的肿瘤直径更大，这表明机器人可能更适用于大肝切除术[23-24]。针对围术期结局，早期的Meta分析显示，机器人组的失血量更多、手术时间更长[25-26]。而近期的研究显示，机器人组的术中失血量、输血率、开放转化率及严重并发症发生率均明显降低[27-28]。这可能与外科医生经验的积累以及学习曲线的克服相关。其中1项研究还发现，机器人组的R0切除率更高（89.8% vs. 86%，P=0.015），差异有统计学意义[28]。

关于经济成本，几项研究均表明，机器人组的总费用明显大于腹腔镜组[29-32]。Knitter S等[33]研究显示，机器人组总费用的增加主要是由于术中费用。同时Zhu L等[29]分析得出，机器人手术不仅是手术费用增加的独立预测因素，还是总费用过高的独立预测因素。

然而，对于长期肿瘤学结局，这些研究均未进行报道。同时，这些研究对于纳入研究病例的肿瘤类型及切除部位均未进行限定，这可能导致了一些结局在不同报道中的差异。因此，本文将特别关注不同类型肝段切除的比较。

3.1 左外叶切除术

肝左外叶切除术被许多外科医生认为是最简单的解剖性肝切除术，占腹腔镜解剖性肝切除术的绝大多数。目前，腹腔镜手术被视为左外叶切除术的金标准。1项系统评价[34]显示，左外叶切除术为机器人解剖性肝切除术中第二大常见手术。目前的一些研究表明，机器人与腹腔镜左外叶切除术在围术期结局方面具有相似的结果，但其经济成本更高[30-35]。

然而，这些研究没有考虑到不同左外叶切除术的差异性。Hu MG等[32]将左外叶切除术的复杂病例定义为：肿瘤直径大于10 cm，或肿瘤靠近主要血管，或肥胖[体质指数（body mass inde，BMI）>30 kg/m^2]，或联合淋巴结清扫术或胆总管探查，或嵌入脾窝的巨大左外叶。并对复杂病例进行亚组分析，结果显示机器人组的术中失血量更少。Zhu L等[29]采用同样的定义方法进行亚组比较，结果显示普通病例亚组机器人组与腹腔镜组结局相当，而复杂病例亚组机器人组的术后住院时间较短。

因此，由于机器人手术的高经济成本，并不认为其是左外叶切除术的最佳选择。但对于复杂病例，机器人手术具有独特的优势，是复杂病例患者的更佳选择。

3.2 后上段切除术

后上段包括肝脏Ⅰ段、Ⅳa段、Ⅶ段、Ⅷ段。其位于腹腔高处，靠近膈肌，与肝静脉和下腔静脉关系密切，被认为是“困难节段”。由于手术需要充分游离肝脏，且视野不佳导致出血难以控制，该区域的微创手术具有挑战性，直至近十年，

后上段的微创手术才被批准为安全手术[36]。

近年来，越来越多的研究关注机器人手术在后上段切除术中的可行性及安全性。早期1项研究显示，与腹腔镜组相比，机器人组的手术时间相对较长，术后并发症的发生率及严重程度相对较高，且手术血流闭塞时间明显延长[37]。3项最新研究对机器人及腹腔镜后上段切除术进行倾向评分匹配（propensity score matching，PSM）后比较。1项单中心研究[31]及1项多中心研究[38]结果一致，机器人组的手术时间明显缩短，术中失血量也明显减少。D'Silva等[39]的多中心回顾性研究，不仅发现机器人组的手术时间更短、术中失血量更少，还发现其术中大量失血（>500 mL）患者更少、输血率更低、开放转化率更低、术中Pringle操作时间更短。

由于机器人手术经验的积累，机器人技术的优势逐渐在肝脏后上段切除术中体现。根据目前的研究结果，针对后上段切除，机器人手术与手术时间和失血量的减少明显相关，相较于腹腔镜手术存在一定的优势。

3.3 右后叶切除术

在肝脏的解剖性切除中，“困难节段”不仅包括后上段切除，还包括右后叶切除。根据Brisbane分类[40]，右后叶切除术被定义为Ⅵ段、Ⅶ段切除术。根据Iwate评分[41]，其被定义为中级难度以上。同样，IMM评分系统[42]评定其为高难度手术。手术难度主要是由于肝脏切除横断面大、难以暴露右肝静脉及其根部，这些都会导致大出血的风险增加。

据本文所知，目前仅1项研究报道了机器人和腹腔镜右后叶切除术的比较。Chiow AKH等[43]进行了1项国际多中心PSM分析，纳入机器人手术患者96例、腹腔镜手术患者244例，经过1∶1及1∶2 PSM后结果均显示，机器人组的术中失血量更少、大量失血（>500 mL）患者更少、输血率更低、开放转化率更低。

这项研究显示机器人手术在右后叶切除术中的优势，但不同中心在腹腔镜和机器人手术方面的经验不同，且该研究纳入患者相对较少，因此，还需要更多大规模的病例对照研究证实这一观点。

3.4 右前叶及中央区肝切除术

右前叶切除术被定义为Ⅴ段、Ⅷ段切除术，中央区切除术则增加Ⅳ段切除。在IMM评分系统中，肝脏右前叶及中央区切除术比右后叶切除术难度评分更高[42]。主要是由于肝脏切除的横断面更大，需要解剖更多的肝静脉及Glisson蒂。在腹腔镜手术中，对于肿瘤位置和肝内血管的识别较难，因此该节段的腹腔镜手术报道相对较少。

目前仅1项研究对右前叶及中央区肝切除术的机器人和腹腔镜手术进行了比较。该研究纳入233例患者[44]，其中48例行机器人手术，185例行腹腔镜手术，经过1∶1及1∶2 PSM后分析显示，机器人组术中失血量较少，但手术时间长于腹腔镜组，而其余围术期结局均无统计学意义。

由于微创右前叶及中央区肝切除术的难度较高，该区域的微创手术报道极少，尽管理论上机器人手术能克服腹腔镜手术的一些局限性，但仍需要更多的报道来证实。

3.5 左半肝及扩大左半肝

左半肝切除术（left hepatectomy，LH）切除范围包括Ⅱ~Ⅳ段，扩大左半肝切除术（extended left hepatectomy，ELH）切除范围包括Ⅱ~Ⅴ段和Ⅷ段。与开放手术相比，微创手术提供了一些益处，包括减少术中失血量、减轻疼痛、降低术后并发症发生率、缩短住院时间[45]。尽管如此，腹腔镜手术和机器人手术的益处和局限性，导致了其在LH及ELH的应用上仍存在广泛争议。

Cai JP等[46]对25例机器人和27例腹腔镜LH患者进行比较，结果显示机器人组的BMI更高，其术中失血量更少、输血率更低、总费用更高。另一项研究增加纳入ELH患者，PSM后每组保留164例患者，结果显示机器人组的术中失血量明显减少、开放转化率更低、术后住院时间更短[47]。可见，对于LH及ELH，机器人手术在减少术中失血量方面可能比腹腔镜手术更具有优势。但这2项研究纳入的患者数量均较少，因此，这一观点仍需要大规模的多中心病例对照研究报道进一步探讨。

3.6 右半肝及扩大右半肝

右半肝切除术（right hepatectomy，RH）切除范围包括Ⅴ~Ⅷ段，扩大右半肝切除术（extend right hepatectomy，ERH）切除范围包括Ⅴ~Ⅷ段和Ⅳ段。与LH及ELH相同，由于手术的难度较高，微创RH及ERH的报道相对较少。

Chong CC等[48]针对RH及ERH进行了一项国际多中心PSM分析，经匹配后每组保留220例患者，结果显示机器人组的开放转化率更低、术后住院时间更短。Hu YN等[23]的研究同样显示，机器人手术相较于腹腔镜手术可能更适用于RH及ERH。但是，回顾性研究不可避免信息及选择偏倚，尚需要前瞻性随机对照试验来进一步证明。

4 RLR和OLR对比

OLR传统上被认为是治疗肝癌的金标准手术，然而，随着微创外科的发展，LLR的优势已经明显体现。机器人技术的出现给微创外科带来了新的进展，因此，多项研究关注与OLR相比RLR能否带来新的优势。

大部分研究显示，与开放手术相比，机器人组手术时间较长[49-55]，但术后住院时间明显缩短、术中失血量更少、术中输血率更低、术后并发症发生率及严重并发症发生率更低，术后并发症主要是由于漏胆和腹腔积液的产生[51]。有研究报道了经济成本方面的比较，结果显示机器人组和开放组的总费用相当，但开放组获得的报销金额更高[56-57]。而Sham JG等[54]的研究则显示，由于机器人组术后住院费用明显降低，导致其住院总费用更低。

由此可见，RLR相比OLR经济成本相当，绝大多数研究认为其在围术期结局方面有一定的优势，在长期肿瘤学结局也显示出相似的结果[49,51]。

5 RLR在肝癌中的应用现状

5.1 原发性肝癌

5.1.1 HCC HCC是一种常见的癌症，相关死亡率很高[58]，肝切除术是最有效治疗[59]。OLR和LLR作为传统的肝切除术，其安全性及有效性已得到确切的证实，RLR作为一种新兴的手术方法，更多地研究关注其安全性及有效性，尤其是对长期肿瘤学结局的影响。

Lai ECH等[60]对41例行RLR的肝细胞癌患者进行分析，结果显示平均手术时间229.4 min，失血量412.6 mL，平均住院时间6.2 d，R0切除率93%，术后并发症发生率7.1%，2年总生存率94%，2年无病生存率74%。体现出机器人手术治疗肝细胞癌良好的短期效果。对于长期肿瘤学结果，Zhu P等[52]经过分析得出，经微创手术切除的肝细胞癌患者的复发多是单个病变或早期肝细胞癌。多项研究显示，接受RLR的肝细胞癌患者在总生存率和无病生存率方面与OLR和LLR并无差异[49,51,61]。也有研究显示，接受RLR的肝细胞癌患者寿命更长（P=0.05）[49-50]。

RLR在肝细胞癌患者中的安全性及有效性已经得到了一定的体现，且长期肿瘤学效果可能优于OLR及LLR，但这些研究病例较少，在纳入大量病例后长期肿瘤学结局可能会达到统计学差异。

5.1.2 ICC ICC是一种侵袭性恶性肿瘤，起源于肝内胆道上皮细胞，总发病率约原发性肝癌的10%[62]。虽然相对罕见，但却是第二常见的原发性肝癌类型[63]。对于ICC患者，伴肝门淋巴结清扫的手术切除是其长期生存的最大希望[64]。

Sucandy I等[50]及Hamad A等[65]的研究均显示，与OLR相比，RLR在不影响ICC肿瘤学结果的前提下，能缩短住院时间，在控制与总生存期相关的危险因素后2组总生存期无差异。

阴性切缘是接受ICC根治性切除术的患者最重要的预后因素之一，理论上机器人技术的优势能便于行淋巴结清扫。目前的研究发现接受OLR和RLR的患者具有相似的R0切除率，以及相似的淋巴结切除数量，说明RLR在ICC患者的根治性切除中是安全可行的。但是目前针对ICC的RLR研究较少，还需要大量研究关注行RLR的ICC患者的切缘和淋巴结清扫数量，以及其长期肿瘤学结局。

5.1.3 其他 肝癌破裂出血是肝癌严重的并发症之一，其起病急、病情严重、病死率高，是肝癌主要死亡原因之一。目前，导致破裂的生理病理机制尚不明确，大多认为是由于肿瘤的直接侵犯导致静脉流出道梗阻，引起门静脉高压，从而导致破裂出血。治疗主要通过根治性肿瘤切除术或肝动脉栓塞术，临床上由于情况紧急且病情复杂，多采用肝动脉栓塞术，而根治性肿瘤切除术多采用开放手术方法。

Conticchio M等[66]报道了1例因肝癌破裂出血行紧急机器人肝切除术的病例，该患者因无法插管肝动脉导致动脉栓塞术失败，在失败后24 h行紧急手术。术中患者血流动力学稳定，顺利行Ⅲ段切除。这是第一例在紧急情况下行RLR的报道，体现了RLR在紧急情况下也能发挥其作用，为肝癌破裂出血患者提供了新的治疗方法。

5.2 继发性肝癌

继发性肝癌以结直肠癌肝转移最为多见，约20%~25%的结直肠癌患者在诊断时即表现为转移性疾病[67]。手术切除是其首选的治疗方法，5年生存率为38%，中位总生存期为3.6年[68]。切除术可以同步进行或者分期进行，目前对最佳方法尚无明确共识。该决定基于多种复杂因素，包括患者合并症、化疗的时机和方案以及手术后恢复期延长导致癌症进展的风险。最近的病例报告报道了微创肝脏手术在同步切除中的应用，支持机器人技术用于同步手术治疗[69-71]。

Radomski SN等[72]的病例对照研究，结果显示与开放组相比，机器人组术后肠梗阻发生率更低，与腹腔镜组相比，机器人组的开放转化率及术后住院时间明显降低。近期1项行同步切除的随机对照试验[73]得出同样的结果，且机器人组术后3个月膀胱和性功能的恢复速度更快，3年无病生存率和3年总生存率差异无统计学意义。

机器人手术在结直肠癌肝转移同步手术中的优势得到了充分的体现，与开放手术及腹腔镜手术相比，机器人手术可能更适用于结直肠癌肝转移患者。

5.3 肝门部胆管癌

肝门部胆管癌是最常见的胆道恶性肿瘤[74]，手术切除是唯一的根治性治疗方法，目前仍然是最具挑战性的手术之一[75]。肝外完全胆管切除术联合大肝切除术、根治性淋巴结清扫和胆道重建是现行手术标准[76]。由于肿瘤学问题和手术复杂性，微创手术的采用非常有限[77]。肿瘤靠近主要血管且需要广泛肝门淋巴结清扫术的根治术，甚至被列为LLR的禁忌证[78]。机器人手术相比腹腔镜手术的优势，能使外科医生进行精确的微创手术，在理论上有利于行肝门部胆管癌的根治性手术。

目前，关于肝门部胆管癌的机器人手术报道较少，多为病例报道，其中包括1例ⅢA型肝门胆管癌[79]和1例ⅢB型肝门部胆管癌[80]成功行机器人手术的病例报道。1例行机器人扩大右半肝切除术和左肝管空肠吻合术的肝门胆管癌病例报道[81]显示，手术时间为540 min，术中失血量为800 mL，患者在术后第11天顺利出院。4例行左半肝及尾状叶切除的肝门部胆管癌病例报道[82]显示，中位手术时间为840 min，中位失血量为700 mL，中位术后住院时间为9 d，1例转为开放手术，1例术后出现胆瘘采用保守治疗，4例中3例胆道切缘为阴性。这些研究均表明了机器人手术在治疗肝门部胆管癌方面的可行性。然而，Xu YZ等[83]纳入10例行RLR地门部胆管癌患者进行分析显示，与开放手术相比，机器人组手术时间更长、术后并发症发病率更高，其中3例出现严重并发症，1例术后死于肝衰竭，机器人组无复发生存率较差。这项研究的结果不支持对肝门部胆管癌患者进行机器人手术。

尽管不同的研究显示出了不同的结果，但大部分研究

支持机器人手术应用于肝门部胆管癌。由于机器人手术治疗肝门部胆管癌方面的经验缺乏，尚需要进一步的经验及研究。

6 结 语

机器人手术广泛应用于肝脏手术，不仅用于肝脏恶性肿瘤的根治性切除术，其在良性疾病中的可行性及安全性也得到了体现，其中常见的包括血管瘤[84]、肝内胆管结石[85-86]，罕见的囊性和肺泡型棘球蚩病[87]，甚至是活体供体肝切除术[88]。根据目前的研究显示，机器人手术显示出了优于开放手术及腹腔镜手术的围术期结局及肿瘤学疗效，甚至在减少术中出血、缩短术后住院时间、降低术后并发症发病率等方面更具优势。由于机器人手术有助于进行难度较高的手术步骤，如解剖肝门、游离肝脏、吻合胆道以及缝合血管等。此外，机器人平台能够更轻松地集成新技术，例如最近推出的近红外荧光，用于血管和胆道的识别，这将使复杂的切除更安全、更有效。因此，本文认为机器人手术适用于更为复杂的肝切除术，如在IMM难度评分为Ⅱ级或Ⅲ，在Iwate难度评分为中级及以上患者。

然而，当前的研究也存在一定的局限性，机器人手术尚不完全成熟，不同中心的经验不尽相同，带来的研究结果也有一定的差异。迄今为止，已发表的结果几乎均为回顾性研究，还没有关于RLR的大型前瞻性研究发表。因此，机器人手术在肝脏手术中的应用还需要进一步的研究和多中心的试验来验证其安全性及有效性。

参 考 文 献

[1] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71(3): 209-249.

[2] Ciria R, Cherqui D, Geller DA, et al. Comparative short-term benefits of laparoscopic liver resection: 9000 cases and climbing[J]. Ann Surg, 2016, 263(4): 761-777.

[3] Giulianotti PC, Coratti A, Angelini M, et al. Robotics in general surgery: personal experience in a large community hospital[J]. Arch Surg, 2003, 138(7): 777-784.

[4] Reich H, McGlynn F, DeCaprio J, et al. Laparoscopic excision of benign liver lesions[J]. Obstet Gynecol, 1991, 78(5 Pt 2): 956-958.

[5] Shehta A, Han HS, Yoon YS, et al. Laparoscopic liver resection for hepatocellular carcinoma in cirrhotic patients: 10-year single-center experience[J]. Surg Endosc, 2016, 30(2): 638-648.

[6] Han HS, Yoon YS, Cho JY, Hwang DW. Laparoscopic liver resection for hepatocellular carcinoma: Korean experiences[J]. Liver Cancer, 2021, 59(1): 25-30.

[7] Abu Hilal M, Underwood T, Zuccaro M, et al. Short- and medium-term results of totally laparoscopic resection for colorectal liver metastases[J]. Br J Surg, 2010, 97(6): 927-933.

[8] Parks KR, Kuo Y, Davis JM, et al. Laparoscopic versus open liver resection: a meta-analysis of long-term outcome[J]. HPB, 2014, 16(2): 109-118.

[9] Buell JF, Cherqui D, Geller DA, et al. The international position on laparoscopic liver surgery: The Louisville Statement, 2008[J]. Ann Surg, 2009, 250(5): 825-830.

[10] Wakabayashi G, Cherqui D, Geller DA, et al. Recommendations for laparoscopic liver resection: a report from the second international consensus conference held in morioka[J]. Ann Surg, 2015, 261(4): 619-629.

[11] Coelho FF, Kruger JAP, Fonseca GM, et al. Laparoscopic liver resection: experience based guidelines[J]. World J Gastrointest Surg, 2016, 8(1): 5-26.

[12] Han HS, Shehta A, Ahn S, et al. Laparoscopic versus open liver resection for hepatocellular carcinoma: Case-matched study with propensity score matching[J]. J Hepatol, 2015, 63(3): 643-650.

[13] Wu YM, Hu RH, Lai HS, et al. Robotic-assisted minimally invasive liver resection[J]. Asian J Surg, 2014, 37(2): 53-57.

[14] Giulianotti PC, Coratti A, Sbrana F, et al. Robotic liver surgery: results for 70 resections[J]. Surgery, 2011, 149(1): 29-39.

[15] Vigano L, Laurent A, Tayar C, et al. The learning curve in laparoscopic liver resection: improved feasibility and reproducibility[J]. Ann Surg, 2009, 250(5): 772-782.

[16] Zhu P, Liao W, Ding ZY, et al. Learning curve in robot-assisted laparoscopic liver resection[J]. J Gastrointest Surg, 2019, 23(9): 1778-1787.

[17] Karimian F. An invited commentary on "Comparison of the learning curves for robotic left and right hemihepatectomy: a retrospective cohort study"[J]. Int J Surg, 2020, 83: 25-26.

[18] Görgec B, Zwart M, Nota CL, et al. Implementation and outcome of robotic liver surgery in the Netherlands: a nationwide analysis[J]. Ann Surg, 2023, 277(6): 1269-1277.

[19] Giulianotti PC, Bianco FM, Daskalaki D, et al. Robotic liver surgery: technical aspects and review of the literature[J]. Hepatobiliary Surg Nutr, 2016, 5(4): 311-321.

[20] Choi GH, Chong JU, Han DH, et al. Robotic hepatectomy: the Korean experience and perspective[J]. Hepatobiliary Surg Nutr, 2017, 6(4): 230-238.

[21] Kam JH, Goh BK, Chan CY, et al. Robotic hepatectomy: initial experience of a single institution in Singapore[J]. Singapore Med J, 2016, 57(4): 209-214.

[22] Goh BKP, Lee LS, Lee SY, et al. Initial experience with robotic hepatectomy in Singapore: analysis of 48 resections in 43 consecutive patients[J]. ANZ J Surg, 2019, 89(3): 201-205.

[23] Hu YN, Guo KB, Xu JM, et al. Robotic versus laparoscopic hepatectomy for malignancy: a systematic review and meta-analysis[J]. Asian J Surg, 2021, 44(4): 615-628.

[24] Lorenz E, Arend J, Franz M, et al. Robotic and laparoscopic liver resection-comparative experiences at a high-volume German academic center[J]. Langenbecks Arch Surg, 2021, 406(3): 753-761.

[25] Hu LD, Yao L, Li XF, et al. Effectiveness and safety of robotic-

assisted versus laparoscopic hepatectomy for liver neoplasms: a meta-analysis of retrospective studies[J]. Asian J Surg, 2018, 41(5): 401-416.

[26] Montalti R, Berardi G, Patriti A, et al. Outcomes of robotic vs laparoscopic hepatectomy: a systematic review and meta-analysis[J]. World J Gastroenterol, 2015, 21(27): 8441-8451.

[27] Gao FW, Zhao X, Xie QY, et al. Comparison of short-term outcomes between robotic and laparoscopic liver resection: a meta-analysis of propensity score-matched studies[J]. Int J Surg, 2024, 110(2): 1126-1138.

[28] Sijberden JP, Hoogteijling TJ, Aghayan D, et al. Robotic versus laparoscopic liver resection in various settings: an international multicenter propensity score matched study of 10 075 patients[J]. Ann Surg, 2024, 280(1): 108-117.

[29] Zhu L, Liu Y, Hu M, et al. Comparison of robotic and laparoscopic liver resection in ordinary cases of left lateral sectionectomy[J]. Surg Endosc, 2022, 36(7): 4923-4931.

[30] Kim JK, Park JS, Han DH, et al. Robotic versus laparoscopic left lateral sectionectomy of liver[J]. Surg Endosc, 2016, 30(11): 4756-4764.

[31] Chen W, Zhang XY, Jiang JC, et al. Robotic versus laparoscopic liver resection in posterosuperior region: a retrospective study of consecutive cases[J]. Surg Endosc, 2023, 37(6): 4728-4736.

[32] Hu MG, Liu YZ, Li CG, et al. Robotic versus laparoscopic liver resection in complex cases of left lateral sectionectomy[J]. Int J Surg, 2019, 67: 54-60.

[33] Knitter S, Feldbrügge L, Nevermann N, et al. Robotic versus laparoscopic versus open major hepatectomy - an analysis of costs and postoperative outcomes in a single-center setting[J]. Langenbecks Arch Surg, 2018, 408(1): 214.

[34] Qiu JG, Chen ST, Du CY. A systematic review of robotic-assisted liver resection and meta-analysis of robotic versus laparoscopic hepatectomy for hepatic neoplasms[J]. Surg Endosc, 2016, 30(3): 862-875.

[35] Salloum C, Lim C, Lahat E, et al. Robotic-assisted versus laparoscopic left lateral sectionectomy: analysis of surgical outcomes and costs by a propensity score matched cohort study[J]. World J Surg, 2017, 41(2): 516-524.

[36] Abu Hilal M, Aldrighetti L, Dagher I, et al. The southampton consensus guidelines for laparoscopic liver surgery: from indication to implementation[J]. Ann Surg, 2018, 268(1): 11-18.

[37] Montalti R, Scuderi V, Patriti A, et al. Robotic versus laparoscopic resections of posterosuperior segments of the liver: a propensity score-matched comparison[J]. Surg Endosc, 2016, 30(3): 1004-1013.

[38] Krenzien F, Schmelzle M, Pratschke J, et al. Propensity score-matching analysis comparing robotic versus laparoscopic limited liver resections of the posterosuperior segments: an international multicenter study[J]. Ann Surg, 2024, 279(2): 297-305.

[39] Limited liver resections in the posterosuperior segments: international multicentre propensity score-matched and coarsened exact-matched analysis comparing the laparoscopic and robotic approaches[J]. Br J Surg, 2022, 109(11): 1140-1149.

[40] Pang YY. The Brisbane 2000 terminology of liver anatomy and resections[J]. HPB, 2002, 4(2): 333-339.

[41] Go W. What has changed after the Morioka consensus conference 2014 on laparoscopic liver resection?[J]. Hepatobiliary Surg Nutr, 2016, 5(4): 281-289.

[42] Kawaguchi Y, Fuks D, Kokudo N, et al. Difficulty of laparoscopic liver resection: proposal for a new classification[J]. Ann Surg, 2018, 267(1): 13-17.

[43] Chiow AKH, Fuks D, Choi GH, et al. International multicentre propensity score-matched analysis comparing robotic versus laparoscopic right posterior sectionectomy[J]. Br J Surg, 2021, 108(12): 1513-1520.

[44] Yang HY, Choi GH, Chin KM, et al. Robotic and laparoscopic right anterior sectionectomy and central hepatectomy: multicentre propensity score-matched analysis[J]. Br J Surg, 2021, 109(4): 311-314.

[45] Sotiropoulos GC, Prodromidou A, Kostakis ID, et al. Meta-analysis of laparoscopic vs open liver resection for hepatocellular carcinoma[J]. Updates Surg, 2017, 69(3): 291-311.

[46] Cai JP, Chen W, Chen LH, et al. Comparison between robotic-assisted and laparoscopic left hemi-hepatectomy[J]. Asian J Surg, 2021, 45(1): 265-268.

[47] Sucandy I, Rayman S, Lai EC, et al. Robotic versus laparoscopic left and extended left hepatectomy: an international multicenter study propensity score-matched analysis[J]. Ann Surg Oncol, 2022, 29(13): 8398-8406.

[48] Chong CC, Fuks D, Lee KF, et al. Propensity score-matched analysis comparing robotic and laparoscopic right and extended right hepatectomy[J]. JAMA Surg, 2020, 157(5): 436-444.

[49] Wang WH, Kuo KK, Wang SN, et al. Oncological and surgical result of hepatoma after robot surgery[J]. Surg Endosc, 2018, 32(9): 3918-3924.

[50] Sucandy I, Shapera E, Syblis CC, et al. Propensity score matched comparison of robotic and open major hepatectomy for malignant liver tumors[J]. Surg Endosc, 2022, 36(9): 6724-6732.

[51] Lee KF, Chong C, Cheung S, et al. Robotic versus open hemihepatectomy: a propensity score-matched study[J]. Surg Endosc, 2021, 35(5): 2316-2323.

[52] Zhu P, Liao W, Zhang WG, et al. A prospective study using propensity score matching to compare long-term survival outcomes after robotic-assisted, laparoscopic, or open liver resection for patients with BCLC stage 0-a hepatocellular carcinoma[J]. Ann Surg, 2020, 277(1): 103-111.

[53] di Benedetto F, Magistri P, di Sandro S, et al. Safety and efficacy of robotic vs open liver resection for hepatocellular carcinoma[J]. JAMA Surg, 2023, 158(1): 46-54.

[54] Sham JG, Richards MK, David Seo Y, et al. Efficacy and cost of robotic hepatectomy: is the robot cost-prohibitive? [J]. J Robot Surg, 2016, 10(4): 307-313.

[55] Zhang XP, Jiang N, Zhu L, et al. Short-term and long-term outcomes after robotic versus open hepatectomy in patients with large hepatocellular carcinoma: a multicenter study[J]. Int J Surg, 2024, 110(2): 660-667.

[56] He ZQ, Mao YL, Lv TR, et al. A meta-analysis between robotic

hepatectomy and conventional open hepatectomy[J]. J Robot Surg, 2024, 18(1): 166.

[57] Shapera E, Sucandy I, Syblis C, et al. Cost analysis of robotic versus open hepatectomy: Is the robotic platform more expensive?[J]. J Robot Surg, 2022, 16(6): 1409-1417.

[58] Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, et al. Cancer statistics, 2021[J]. CA A Cancer J Clinicians, 2021, 71(1): 7-33.

[59] Vogel A, Cervantes A, Chau I, et al. Hepatocellular carcinoma: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up[J]. Ann Oncol, 2018, 29(Suppl 4): S238-S255.

[60] Lai ECH, Yang GPC, Tang CN. Robot-assisted laparoscopic liver resection for hepatocellular carcinoma: short-term outcome[J]. Am J Surg, 2013, 205(6): 697-702.

[61] Lim C, Goumard C, Salloum C, et al. Outcomes after 3D laparoscopic and robotic liver resection for hepatocellular carcinoma: a multicenter comparative study[J]. Surg Endosc, 2021, 35(7): 3258-3266.

[62] Razumilava N, Gores GJ. Cholangiocarcinoma[J]. Lancet, 2014, 383(9935): 2168-2179.

[63] Gad MM, Saad AM, Faisaluddin M, et al. Epidemiology of cholangiocarcinoma; United States incidence and mortality trends[J]. Clin Res Hepatol Gastroenterol, 2020, 44(6): 885-893.

[64] Dinant S, Gerhards MF, Busch ORC, et al. The importance of complete excision of the caudate lobe in resection of hilar cholangiocarcinoma[J]. HPB, 2005, 7(4): 263-267.

[65] Hamad A, Ansari A, Li YM, et al. Short- and long-term outcomes following robotic and open resection for intrahepatic cholangiocarcinoma: a national cohort study[J]. Surg Oncol, 2022, 43: 101790.

[66] Conticchio M, Delvecchio A, Ferraro V, et al. Robotic emergency liver resection of ruptured hepatocellular carcinoma[J]. Robotics Computer Surgery, 2023, 19(5): e2537.

[67] Martin J, Petrillo A, Smyth EC, et al. Colorectal liver metastases: Current management and future perspectives[J]. World J Clin Oncol, 2020, 11(10): 761-808.

[68] Kanas GP, Taylor A, Primrose JN, et al. Survival after liver resection in metastatic colorectal cancer: review and meta-analysis of prognostic factors[J]. Clin Epidemiol, 2020, 4: 283-301.

[69] Moris D, Tsilimigras DI, Machairas N, et al. Laparoscopic synchronous resection of colorectal cancer and liver metastases: a systematic review[J]. J Surg Oncol, 2019, 119(1): 30-39.

[70] Dwyer RH, Scheidt MJ, Stephen Marshall J, et al. Safety and efficacy of synchronous robotic surgery for colorectal cancer with liver metastases[J]. J Robot Surg, 2018, 12(4): 603-606.

[71] McGuirk M, Gachabayov M, Rojas A, et al. Simultaneous robot assisted colon and liver resection for metastatic colon cancer[J]. JSLS, 2021, 25(2): e2020.00108.

[72] Radomski SN, Chen SY, Stem M, et al. Procedure-specific risks of robotic simultaneous resection of colorectal cancer and synchronous liver metastases[J]. J Robot Surg, 2023, 17(5): 2555-2558.

[73] Chang W, Ye Q, Xu D, et al. Robotic versus open surgery for simultaneous resection of rectal cancer and liver metastases: a randomized controlled trial[J]. Int J Surg, 2023, 109(11): 3346-3353.

[74] DeOliveira ML, Cunningham SC, Cameron JL, et al. Cholangiocarcinoma: thirty-one-year experience with 564 patients at a single institution[J]. Ann Surg, 2007, 245(5): 755-762.

[75] Nagino M. Perihilar cholangiocarcinoma: a surgeon's viewpoint on current topics[J]. J Gastroenterol, 2012, 47(11): 1165-1176.

[76] Mansour JC, Aloia TA, Crane CH, et al. Hilar cholangiocarcinoma: expert consensus statement[J]. HPB, 2015, 17(8): 691-699.

[77] Bryant R, Laurent A, Tayar C, et al. Laparoscopic liver resection-understanding its role in current practice: the Henri Mondor Hospital experience[J]. Ann Surg, 2009, 250(1): 103-111.

[78] Nguyen KT, Gamblin TC, Geller DA. World review of laparoscopic liver resection-2, 804 patients[J]. Ann Surg, 2009, 250(5): 831-841.

[79] Ielpo B, Rosso E, d'Addetta MV, et al. Robotic approach for perihilar cholangiocarcinoma Ⅲ A type: step-by-step procedure[J]. Ann Surg Oncol, 2024, 31(5): 3084-3085.

[80] Sucandy I, Ross S, Rosemurgy A. Robotic resection of a type IIIB klatskin tumor[J]. J Gastrointest Surg, 2021, 25(7): 1939-1940.

[81] Giulianotti PC, Sbrana F, Bianco FM, et al. Robot-assisted laparoscopic extended right hepatectomy with biliary reconstruction[J]. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 2010, 20(2): 159-163.

[82] Cillo U, D'Amico FE, Furlanetto A, et al. Robotic hepatectomy and biliary reconstruction for perihilar cholangiocarcinoma: a pioneer western case series[J]. Updates Surg, 2021, 73(3): 999-1006.

[83] Xu YZ, Wang HG, Ji W, et al. Robotic radical resection for hilar cholangiocarcinoma: perioperative and long-term outcomes of an initial series[J]. Surg Endosc, 2016, 30(7): 3060-3070.

[84] Zhang W, Liu JJ, Zhang ZY, et al. Perioperative outcomes of robot-assisted versus laparoscopic liver resection for cavernous hemangioma: a propensity score matching study[J]. Surg Endosc, 2023, 37(6): 4505-4516.

[85] Shu J, Wang XJ, Li JW, et al. Robotic-assisted laparoscopic surgery for complex hepatolithiasis: a propensity score matching analysis [J]. Surg Endosc, 2019, 33(8): 2539-2547.

[86] Kwak BJ, Lee JH, Chin KM, et al. Robotic versus laparoscopic liver resections for hepatolithiasis: an international multicenter propensity score matched analysis[J]. Surg Endosc, 2023, 37(8): 5855-5864.

[87] Zhao ZM, Yin ZZ, Meng Y, et al. Successful robotic radical resection of hepatic echinococcosis located in posterosuperior liver segments [J]. World J Gastroenterol, 2020, 26(21): 2831-2838.

[88] Xu DW, Huang J. A commentary on 'Comparison of surgical outcomes and learning curve for robotic versus laparoscopic living donor hepatectomy: a retrospective cohort study'[J]. Int J Surg, 2023, 109(7): 2135-2136.

（责任编辑：周一青）

本文引用格式：

罗　雯，张华阳，涂　兵. 机器人肝切除术的研究进展及现状[J]. 重庆医科大学学报，2025，50(2)：145-151.