

# 中国活体肝移植供者微创手术技术指南 (2024 年版)



中华医学会器官移植学分会, 中国医师协会器官移植医师分会



杨家印

教授、博士研究生导师, 四川大学华西医院器官移植中心及普外科主任, 国家卫生健康委员会移植工程与移植免疫重点实验室主任。人民卫生出版社规划教材《外科学》第十版副主编, 四川省学术及技术带头人, “天府名医”。现任中国医师协会器官移植医师分会副会长, 中华医学会器官移植学分会常务委员, 四川省肿瘤学会理事长, 四川省医师协会器官移植医师分会会长, 中国医师协会器官移植医师分会儿童器官移植专业委员会副主任委员, 四川省器官移植质控中心主任。



徐骁

浙江大学求是特聘教授、主任医师、博士生导师, “教育部重要人才计划”特聘教授, 国家杰出青年科学基金获得者, “国家高层次人才特殊支持计划”科技创新领军人才, 国家重点研发计划“干细胞研究与器官修复”项目首席科学家, 浙江省肿瘤融合研究与智能医学重点实验室主任。现任中华医学会器官移植学分会候任主任委员兼肝移植学组组长、中国医师协会器官移植医师分会副会长兼总干事、国家肝脏移植质控中心副主任、国家人体捐献器官获取质控中心副主任、浙江省抗癌协会肿瘤精准诊治专业委员会主任委员、浙江省医学会器官移植学分会候任主任委员等。



王正昕

教授、博士生导师。上海复旦大学附属华山医院普外科副主任、肝移植中心主任。中华医学会器官移植学分会常务委员、中国医师协会器官移植医师分会常务委员、中国医疗保健国际交流促进会肝脏移植分会副主任委员、中国医院协会器官获取与分配管理工作委员会常务委员、中华医学会外科学分会器官移植学组委员、中国肝移植注册中心科学技术委员会委员、中国医师协会器官移植医师分会儿童器官移植专业委员会委员、中国研究型医院学会移植医学专业委员会委员。



郭文治

教授、硕士研究生导师。河南省器官移植中心副主任、郑州大学第一附属医院科研处副处长、肝胆胰外科副主任、肝移植病区主任。中华医学会器官移植学分会委员, 胰腺、小肠移植学组委员, 中华医学会外科学分会器官移植学组委员, 中国医院协会器官获取与分配管理工作委员会常务委员, 中国医师协会外科医师分会器官移植围手术期管理专业委员会副主任委员, 中国抗癌协会肝癌专业委员会常务委员, 中国医师协会器官移植医师分会委员, 中国医师协会外科医师分会肝脏外科医师委员会委员, 中国研究型医院学会移植医学专业委员会委员、休克与脓毒症专业委员会委员,

河南省医学会器官移植专科分会副主任委员。

DOI: 10.7507/1007-9424.202402055

基金项目: 国家重点研发计划(项目编号: 2022YFC2304705); 国家自然科学基金面上项目(项目编号: 82070674); 国家自然科学基金面上项目(项目编号: 82270691); 四川省科技厅重点研发项目(项目编号: 2023YFS0026); 成都市科技局重点研发支撑计划(项目编号: 2022YF0900009SN)

通信作者: 杨家印, Email: doctoryjy@scu.edu.cn; 徐骁, Email: zjxu@zju.edu.cn; 王正昕, Email: wangzhengxin@huashan.org.cn; 郭文治, Email: guowz66@163.com; 吴泓, Email: wuhong7801@163.com



吴泓

教授、博士生导师，四川大学华西医院副院长。四川省学术及技术带头人，科技部重大专项首席科学家，国际外科、消化和肿瘤医师协会（IASGO）会员，国际肝胆胰协会中国分会转移性肝癌专业委员会常务委员，科技部“一带一路”国际项目首席专家，中国医师协会器官移植外科技术专业委员会副主任委员，中国医师协会肝脏专业委员会常务委员，四川省肝病专业委员会主任委员，四川省医师协会器官移植医师分会副会长。

**【摘要】** 微创外科学在现代医学中扮演着至关重要的角色，微创手术因它兼具创伤小、操作精细、出血量少、术后恢复快等优势近年来在肝移植领域被逐渐应用广泛，包括上腹部正中小切口活体供肝切取、腹腔镜辅助活体供肝切取、全腹腔镜活体供肝切取、机器人活体供肝切取。自 2002 年法国 Cherqui 教授首次报道全腹腔镜活体左外叶供肝切除术以来，微创技术在活体肝移植领域的应用开始日渐广泛。为了指导我国微创肝移植供肝切除术更规范、安全、有效地开展，于 2023 年 8 月中华医学会器官移植学分会及中国医师协会器官移植医师分会组织全国肝移植专家共同制订《中国活体肝移植供者微创手术技术指南（2024 年版）》，以为我国开展活体肝移植供者微创手术的外科医生提供科学的指导和参考。

**【关键词】** 活体肝移植；供者；微创手术；指南

## Chinese guidelines for minimally invasive surgical techniques in living donor liver transplantation (2024 edition)

Branch of Organ Transplant of Chinese Medical Association, Branch of Organ Transplant Physicians of Chinese Medical Doctor Association

Corresponding authors: YANG Jiayin, Email: [doctoryjy@scu.edu.cn](mailto:doctoryjy@scu.edu.cn); XU Xiao, Email: [zjxu@zju.edu.cn](mailto:zjxu@zju.edu.cn); WANG Zhengxin, Email: [wangzhengxin@huashan.org.cn](mailto:wangzhengxin@huashan.org.cn); GUO Wenzhi, Email: [guowz66@163.com](mailto:guowz66@163.com); WU Hong, Email: [wuhong7801@163.com](mailto:wuhong7801@163.com)

**【Abstract】** Minimally invasive surgery played a crucial role in modern medicine. With advantages such as less trauma, precise operation, minimal bleeding, and rapid postoperative recovery, minimally invasive procedures had been increasingly applied in the field of liver transplantation in recent years. This included techniques such as small incision living donor hepatectomy through an upper abdominal midline incision, laparoscopic-assisted living donor hepatectomy, pure laparoscopic living donor hepatectomy, and robotic living donor hepatectomy. Since Professor Cherqui from France firstly reported the total laparoscopic left lateral sectionectomy in living donors in 2002, the application of minimally invasive technology in living donor liver transplantation had become increasingly widespread. Based on this, so as to guide the more standardized, effective, and safe implementation of minimally invasive liver donor hepatectomy across the country, in August 2023, the Branch of Organ Transplant of Chinese Medical Association and the Branch of Organ Transplant Physicians of Chinese Medical Doctor Association organized national liver transplantation experts to jointly formulate the “Chinese guidelines for minimally invasive surgical techniques in living donor liver transplantation (2024 edition)”. This is to provide scientific guidance and reference for surgeons performing minimally invasive surgery on living liver donors in China.

**【Keywords】** living donor liver transplantation; donor; minimally invasive surgery; guideline

## 0 前言

器官短缺是限制肝移植发展的瓶颈。活体肝移植已被公认为是治疗终末期肝脏疾病的有效手段和扩大供肝来源的重要途径。鉴于供者是非病理原因接受手术的健康人，因此其生活品质，包括术后疼痛、美观、住院体验等均应给予更充分的考虑和更严格的要求。微创外科技术以其最小化的创伤和侵入性，能够尽可能地减轻患者的疼痛、缩短恢复期并减少术后并发症发生，这就要求在此手

术过程中运用尖端的手术设备和精细的操作技巧，以达到最佳的手术效果。自 2002 年 Cherqui 等<sup>[1]</sup>在法国首次成功实施腹腔镜下活体供者左外叶肝切除术用于儿童肝移植以来，各种微创技术已在全球范围内肝移植领域得到广泛推广并逐渐成为小儿肝移植的标准程序<sup>[2]</sup>。然而成人活体肝移植由于所需肝体积更大，手术难度增加，其发展相对缓慢。2006 年美国的 Koffron 等<sup>[3]</sup>率先报道了腹腔镜辅助的活体右半肝获取技术；2009 年韩国的 Kim 等<sup>[4]</sup>报道了通过上腹部正中小切口进行的活体右半肝

切取；直至 2012 年后全球有多个团队<sup>[5-8]</sup>相继报道了全腹腔镜下进行的活体左半肝或右半肝获取；2012 年我国的杨家印等<sup>[9]</sup>和蒋文涛等<sup>[10]</sup>相继报道了腹腔镜辅助的活体右半肝获取手术；2016 年我国的魏永刚团队<sup>[11]</sup>报道了全腹腔镜活体右半肝获取。这些技术的创新和发展为未来类似手术的开展积累了宝贵经验。此外，随着机器人技术的飞速进步，Giulianotti 等<sup>[12]</sup>于 2012 年首次报道了机器人辅助的右半肝供肝切除术；随后我国的四川大学华西医院、复旦大学附属华山医院、天津市第一中心医院等也陆续对此进行了尝试，机器人技术也开始被应用于活体肝移植供者手术中。

尽管我国开展活体肝移植手术的中心众多，但常规进行微创供肝切取手术的中心还相对较少，与国际顶尖的中心<sup>[13-15]</sup>相比，仍有一定的差距。因此，为了引导和促进我国的各活体肝移植中心更规范、安全、有效地向微创化方向发展，中华医学会器官移植学分会及中国医师协会器官移植医师分会组织全国肝移植专家共同制订了《中国活体肝移植供者微创手术技术指南（2024 年版）》（以下简称“本指南”），重点讨论了活体肝移植供者微创手术的安全性和优势、供者的选择标准、麻醉的策略、手术技术细节、学习曲线等关键因素。本指南采用的循证医学证据分级主要参考《2001 版牛津循证医学证据等级》（表 1），推荐意见强度主要参考“推荐、评估、制订和评价（Grades of Recommendation, Assessment, Development, and Evaluation, GRADE）”系统<sup>[16]</sup>推荐分级。

## 1 活体肝移植供者微创手术的安全性与优势

活体肝移植供者微创手术技术在全世界得到广泛传播，移植类型也从最初的左外侧叶扩展到左半肝再到右半肝<sup>[11, 17]</sup>。与传统的开放肝脏手术相比，微创肝脏手术在术后整体并发症发生率方面比较差异无统计学意义<sup>[18-20]</sup>；除此之外，微创肝脏手术还具有减少术中出血、降低术后切口并发症发生率、缩短总住院时间、获得更好的生活质量等优势<sup>[21-23]</sup>。以上这些优势也同样能够在活体肝移植供者微创手术中体现<sup>[24-32]</sup>。一项包括 31 项研究的荟萃分析<sup>[33]</sup>结果显示，腹腔镜肝左外叶获取在出血量[平均差 (mean difference, MD)=79.03 mL]、住院时间 (MD=2.47 d) 和总体并发症发生率 [相对危险度 (relative risk, RR)=0.44] 方面均优于开放手术；在腹腔镜半肝获取方面，同样在出血量 (MD=75.22 mL)、住院时间 (MD=1.35 d) 和总体并发症发生率

表 1 循证医学证据分级

证据级别	定义
I 级	同质随机对照试验的系统评价 单项随机对照试验 (可信区间窄) 全或无病案系列研究
II 级	同质队列研究的系统评价 单项队列研究 (包括低质量随机对照试验, 如随访率 < 80%) 结果研究, 生态学研究
III 级	同质病例对照研究的系统评价 单项病例对照研究
IV 级	病例系列研究 (包括低质量队列及病例对照研究)
V 级	基于经验未严格论证的专家意见

(RR=0.71) 方面优于开放手术，但是在手术时间方面较开放手术延长 (MD=46.95 min)。

更重要的是，器官捐献者是健康人群，本是不需要经历手术创伤的，所以其主观满意度应该受到更加重视<sup>[34]</sup>。对于经历开放手术的活体捐献者而言，30%~50% 的术后并发症的发生与腹部切口有关，包括切口感染、切口疝、慢性切口不适、功能恢复延迟、瘢痕所带来的心理障碍等<sup>[30, 35]</sup>。在一项包括 60 829 位器官捐献者的荟萃分析中表明，供者术后并发症的总体发生率为 24.7%，其中心理并发症 (7.6%) 与切口相关并发症 (5.2%) 占前两位<sup>[36]</sup>，这使得一部分潜在器官捐献者，尤其是年轻器官捐献者在捐献前变得犹豫不决<sup>[1, 37]</sup>。目前采用的微创手术能够显著降低这部分器官捐献者的切口并发症发生率<sup>[15, 30]</sup>，同时减轻切口疼痛及减少止痛药物的需求<sup>[38-42]</sup>。于是活体肝移植供者微创手术被认为是解决器官捐献者切口相关问题以及心理障碍的有效替代方案；同时活体肝移植供者微创手术对受者的长期生存及术后并发症的发生也没有显著的影响<sup>[28, 30-31, 43-47]</sup>。这些结果提示，活体肝移植供者微创手术安全可行，更适用于活体器官捐献者<sup>[24, 48]</sup>。

**建议 1：**现有活体肝移植供者微创手术技术（包括：上腹部正中切口活体供肝切取、腹腔镜辅助活体供肝切取、全腹腔镜活体供肝切取、机器人活体供肝切取）对供者而言是安全可行的技术（证据级别：II 级；推荐强度：强）。

**建议 2：**活体肝移植供者微创手术能够减少术中出血、降低供者术后并发症发生率（尤其是切口并发症及肺部并发症）、减少总住院时间、提高供者的生活质量及心理满意度（证据级别：II 级；推荐强度：强）。

**建议 3：**活体肝移植供者微创手术能够减轻供

者术后切口疼痛的程度以及减少止痛药物的需求（证据级别：Ⅱ级；推荐强度：强）。

**建议 4：**相较于开放手术，活体肝移植供者微创手术不会对受者的预后造成明显影响（证据级别：Ⅱ级；推荐强度：强）。

## 2 活体肝移植供者微创手术的供者评估及选择标准

器官捐献者的安全是活体肝移植供者微创手术的基石<sup>[49]</sup>，对于活体器官捐献者的术前评估和选择是活体肝移植供者微创手术计划的重中之重。对于活体器官捐献者评估的目标是：① 确保安全获取足够体积的供肝；② 确保无供者来源性疾病传播给受者；③ 确保器官捐献者知晓整个捐献过程并能克服可能的心理后果<sup>[50-51]</sup>。因此要求器官捐献者年龄一般在 18~60 岁之间，估计剩余肝体积应不少于肝脏初始体积的 30%~35%，以避免术后肝功能不全甚至更严重的并发症<sup>[52-53]</sup>。同时为了避免受者小肝综合征的发生，通常建议移植受者体质量比（graft to recipient weight ratio, GRWR） $\geq 0.8\%$ <sup>[51, 54]</sup>。另外，对于存在脂肪肝易感因素（包括肥胖、糖尿病、血脂异常）和（或）与影像学表现为脂肪肝的活体器官捐献者，应在移植前根据情况进行供肝活检，以明确供肝大泡性脂肪变性程度<sup>[55]</sup>，因为通常情况下认为大泡性脂肪变性程度超过 30% 会增大受者移植失功能的风险<sup>[56-58]</sup>。

相比于开放供肝切除术，活体肝移植供者微创手术更具有技巧性和挑战性，同样也是处于快速发展的阶段，特别是微创活体右半肝供肝切取术。因此与开放手术相比，活体肝移植供者微创手术要有更严苛的选择标准，尤其是在经验积累阶段，尽可能地选择相对容易的病例，最大程度地保障器官捐献者与受者的安全<sup>[59]</sup>。有研究<sup>[39, 60-61]</sup>已经表明，存在解剖学变异的器官捐献者会显著增加术后并发症发生的概率，特别在初始阶段。因此，术前评估需要尽可能完善腹部三维（three-dimensional, 3D）CT 检查以及磁共振胰胆管造影（magnetic resonance cholangiopancreatography, MRCP）来明确捐献者的肝脏解剖结构，开展微创技术早期尽可能选择无解剖学结构变异的器官捐献者；除此之外，因为腹腔镜手术操作空间相对狭小，尤其是活体右半肝供肝切取术，为了方便视野暴露以及术者操作，建议前期选择术前评估移植植物 $<700\text{ g}$  的器官捐献者<sup>[62-63]</sup>。在部分移植中心，为了保障器官捐献者与受者安全，甚至要求 GRWR $>1\%$  且剩余肝体积 $>35\%$ <sup>[2]</sup>。随

着经验的积累，有部分研究证明器官捐献者存在解剖变异同样可以安全地进行活体肝移植供者微创手术<sup>[43-44, 64-68]</sup>，因此，可以根据主刀医师谨慎判断来扩大供者选择标准<sup>[59, 68]</sup>。

总而言之，凡是可能造成器官捐献者围手术期及长期恢复过程中发生严重并发症的情况均是活体器官捐献的禁忌，同时在选择过程中也要尽可能考虑受者的安全。

**建议 5：**活体器官捐献者评估的目标是：① 确保安全获取足够体积的供肝；② 确保无供者来源性疾病传播给受者；③ 确保器官捐献者知晓整个捐献过程并能克服可能的心理后果（证据级别：Ⅱ级；推荐强度：强）。

**建议 6：**推荐术前使用腹部 3DCT 以及 MRCP 评估供肝体积、血管及胆管变异情况，以保证供者安全及受者术后顺利恢复（证据级别：Ⅱ级；推荐强度：强）。

**建议 7：**对于刚开始开展供者微创手术的移植中心，建议优先选择无明显解剖变异的供者；在有经验的移植中心可以尝试微创获取有解剖变异的移植植物（证据级别：Ⅱ级；推荐强度：强）。

## 3 活体肝移植供者微创手术的麻醉策略

麻醉管理的首要目标是最大限度地降低风险并有效控制疼痛<sup>[69]</sup>。在进行活体肝移植供者的微创手术时，通常采用气管插管全身麻醉，同时可根据肝脏切除范围，适当结合硬膜外阻滞技术以减轻手术应激反应。在选择麻醉诱导剂和肌松药物时，应优先考虑那些代谢迅速、体内积累少且对肝脏血流影响较小的药物。标准的麻醉监测项目包括心电图、血氧饱和度、有创动脉血压、体温、神经肌肉阻滞以及双频指数监测和中心静脉压监测。机械通气设置应遵循肺保护策略，即潮气量设置为 6~8 mL/kg 体质量，呼气末正压维持在 6~8 cmH<sub>2</sub>O（1 cmH<sub>2</sub>O=0.098 kPa），并间歇性地采用肺复张技术<sup>[69-71]</sup>。

在需要建立气腹的整个手术过程中，气腹压力通常维持在 12~14 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa）。在肝实质离断阶段，应积极控制中心静脉压，通常保持在 0~5 mmHg，以减少肝断面的出血。完成肝实质离断后，应立即进行积极的液体复苏，恢复供者的血容量，并将血压调整回术前水平<sup>[72]</sup>。

在活体肝移植供者微创手术中，由于二氧化碳（carbon dioxide, CO<sub>2</sub>）气腹的建立、低中心静脉压的维持，以及肝组织离断过程中可能对静脉造成的损伤，监测到供者发生 CO<sub>2</sub> 气体栓塞的概率相对较

高。虽然大多数情况下,供者在经历气体栓塞后并无明显临床症状且不需要特别干预,但严重的气体栓塞可能会对呼吸和循环系统造成严重影响,极端情况下甚至导致心脏停搏。因此,为了预防气体栓塞带来的严重后果,早期发现和及时处理至关重要<sup>[73]</sup>。建议采用经食管超声心动图作为监测 CO<sub>2</sub> 气体栓塞的工具,这种方法对于早期识别气体栓塞具有重要价值。一旦检测到气体栓塞,应立即降低腹腔内的压力,并迅速修复静脉破口。在必要情况下应考虑中转为开放手术,以确保供者的安全<sup>[74]</sup>。

**建议 8:** 在需要建立气腹的微创手术中,供肝切取时应保持较低(0~5 mmHg)的中心静脉压水平以减少出血(证据级别:Ⅲ级;推荐强度:强)。

**建议 9:** 建议采用经食管超声心动图作为监测 CO<sub>2</sub> 气体栓塞的工具(证据级别:Ⅲ级;推荐强度:弱)。

**建议 10:** 一旦检测到气体栓塞,应立即降低腹腔内的压力,并迅速修复静脉破口。在必要情况下应考虑中转为开放手术,以确保供者的安全(证据级别:Ⅳ级;推荐强度:强)。

## 4 活体肝移植供者微创手术的技术类型与方式

### 4.1 技术类型

**4.1.1 上腹部正中小切口活体供肝切除术** 该手术是指采用脐上方正中切口来完成供肝切取,它能够在直视状态下进行肝实质与管道离断的同时实现疼痛减轻、降低切口并发症发生率等效果<sup>[4,75]</sup>。相较于传统的肋缘下切口,上腹部正中小切口能够避免腹直肌离断,不影响器官捐献者的术后生活质量。但是该手术还存在一定的局限性,如由于视野范围缩小,使得肝脏游离变得相对困难,对于体质量过重或肝体积过大的供者实施难度较大。

**4.1.2 腹腔镜辅助供肝切除术** 该手术主要包括腹腔镜辅助、手辅助及杂交方式供肝切除术,其中最常见的方式为腹腔镜条件下(结合或不结合手辅助方式)完成肝脏游离后,取上腹部正中小切口完成肝实质离断及管道解剖离断。该术式通常作为开展腹腔镜供肝切除手术中心的早期供肝切除微创化技术积累经验的过渡性手术方法<sup>[76-77]</sup>,目前该手术在有经验的移植中心已鲜有开展。

**4.1.3 全腹腔镜供肝切除术** 该手术是指肝脏游离、肝实质离断、供肝管道解剖及离断均在腹腔镜下完成,另作小切口以便取出标本,该手术的技术要求较高。

**4.1.4 机器人供肝切除术** 与腹腔镜相比,机器人供肝切除术在肝脏无损伤游离、肝门解剖以及肝实质离断过程中对血管结构和肝段解剖的识别均具有显著优势,其学习曲线更短。相较于传统的腹腔镜,机器人具有以下几点优势:① 稳定、卓越的视觉效果,具有最高 10 倍的显微镜级放大功能;② 最佳的人体工程学设计,配备无震颤的手术器械,其活动角度更广泛,自由度更高;③ 精确的解剖能力;④ 可更方便、迅捷地进行缝合;⑤ 临床实践和研究<sup>[78-79]</sup>均证实,机器人较传统腹腔镜能够减轻手术医师的疲劳。然而机器人肝切除技术也存在一定缺陷:缺乏操作触觉反馈、需要经验丰富的助手具备腹腔镜技术、需要重新安装床旁机器臂以适应不同的体位或操作孔、手术时间较长、手术费用较高等<sup>[80]</sup>。

**建议 11:** 全腹腔镜供肝切除术及机器人供肝切除术的技术要求较高,推荐在有经验的移植中心开展(证据级别:Ⅱ级;推荐强度:强)。

**建议 12:** 对于尚处起步阶段的移植中心,推荐以上腹部正中小切口活体供肝切除术或腹腔镜辅助供肝切除术为起点,在保证供者安全的核心前提下,逐步向全腹腔镜供肝切除术及机器人供肝切除术过渡(证据级别:Ⅱ级;推荐强度:强)。

### 4.2 手术方式

手术方式主要包括:微创左外叶供肝切除术、微创右后叶供肝切除术、微创左半肝供肝切除术(含或不含肝中静脉)和微创右半肝供肝切除术(含或不含肝中静脉)。手术方式选择主要基于前述供者评估结果。微创供肝切除手术中,保障供者安全应始终作为首要要求。因此,伴随着移植外科医生对于手术器械、手术技术、解剖认识以及术前评估的不断深入理解,微创供肝切除术已完成从较为简单的左肝/左外叶供肝切除术向微创右半肝供肝切除术(尤其腹腔镜右半肝切除术)的顺利过渡。2022 年韩国 Cho 等<sup>[81]</sup>首次报道了 7 例腹腔镜右后叶供肝切除术的结果显示,7 例供者中有 3 例(43%)出现血管或胆管并发症;2023 年 Cho 等<sup>[82]</sup>纳入韩国多中心腹腔镜右后叶供肝切除术队列(共 16 例)的结果显示,相较于腹腔镜右半肝供肝切除术,接受腹腔镜右后叶供肝切除术的供者术后并发症发生率比较差异无统计学意义,从而对其可行性及安全性予以了证实。需强调的是,目前腹腔镜右后叶供肝切除术鲜有报道,该术式的开展仍须谨慎。

**建议 13:** 手术方式的选择应以供者安全为前提,遵循科学的学习曲线,充分考量供者评估结

果及术者团队的经验和习惯进行（证据级别：Ⅱ级；推荐强度：强）。

## 5 活体肝移植供者微创手术的手术技术

### 5.1 腹腔镜手术设备与器械

**5.1.1 设备** 包括腹腔镜成像系统、气腹装置、冲洗吸引装置、录像和图像储存设备等。在腹腔镜成像系统方面，近年来一些临床随机对照研究以及回顾性研究<sup>[15, 83-89]</sup>证实，相较于二维腹腔镜，采用3D腹腔镜在手术操作过程中具有缩短手术时间、提高精确性、减少操作失误等优势；不仅如此，有文献<sup>[90]</sup>报道，应用3D腹腔镜还能够减少术中出血，降低术后并发症的发生率；此外，有研究<sup>[15, 85]</sup>证实，在3D腹腔镜供肝切除术中使用可弯曲3D镜头更有利于进行供者右半肝切除术，其原因是，可弯曲3D镜头能提供更大的视野角度，以充分显露肝脏右后叶空间，同时也更便于处理第二肝门区域；另外，与传统高清腹腔镜系统相比，4K腹腔镜系统可以提供更加高清晰的手术视野。然而由于4K腹腔镜手术设备的临床应用时间较短，尚未发现它在腹腔镜供肝切除术的相关临床报道，其优势有待进一步研究加以论证。

**建议 14：**与传统二维腹腔镜相比，3D、4K腹腔镜设备有助于提高腹腔镜供肝切除手术术者的舒适度；3D腹腔镜在缩短手术时间和减少术中出血方面具有优势，其中可弯曲3D镜头的优势更为突出（证据级别：Ⅱ级；推荐强度：弱）。

**5.1.2 器械** ①一般器械，包括气腹针、穿刺针、分离钳、无损伤抓钳、剪刀、持针器、单极电凝、双极电凝、钛夹、一次性组织闭合夹等，另外常规准备开放肝切除手术器械。②特殊器械，主要指分离和断肝器械，包括腔镜下切割闭合器、超声刀、超声乳化吸引装置（cavitron ultrasonic surgical aspirator, CUSA）、Ligasure、微波刀、水刀、氩气刀等。

### 5.2 机器人手术设备与器械

**5.2.1 设备** 包括机器人手术系统、机械手术臂、手术控制台、视觉系统、系统控制软件等。

**5.2.2 器械** ①手术器械。8 mm金属套管及穿刺器、十字校准器、单极电钩、Maryland或Fenestrated双极电凝钳、心包抓钳、超声刀、持针器、单极电剪刀以及一次性组织闭合夹。②其他器械可根据医院配备的设施及个人偏好由术者自行选择搭配机器人和腹腔镜使用。

### 5.3 肝实质离断与器械选择

**5.3.1 器械选择** 微创下进行肝切除需要使用多种

器械来切割肝组织，每种器械都有其独特的优点和缺陷，可根据医院的实际情况和手术医生的熟练程度灵活选择使用。其中，由于CUSA在离断肝实质过程中分辨血管及胆管方面更为精细，目前它在腹腔镜下供肝切除术中使用最为普遍<sup>[59, 91-95]</sup>。相比于腹腔镜下供肝切除，超声刀在机器人供肝切除术中使用最为普遍。在手术过程中，首先要使用能量器械确定肝脏的预切线并切开肝包膜，接着逐步使用CUSA等器械谨慎进行肝实质离断。

**建议 15：**离断肝实质时，术者可根据医院条件及个人习惯选用其中1种或多种手术器械，优先推荐CUSA进行肝实质离断（证据级别：Ⅲ级；推荐强度：弱）。

**5.3.2 肝切除线的确定** 当行左外叶供肝切除术时，膈面切除线通常于肝圆韧带及镰状韧带左侧1 cm处，一般用CUSA或超声刀离断肝实质；当行半肝或右后叶供肝切除术时，应将对应肝蒂阻断后由肝脏表面的缺血线以及通过术中超声定位肝静脉走行来确定切除线；在进行不含肝中静脉的右半肝切除术及扩大左半肝切除术时切除线应位于缺血线右侧，在进行含中肝静脉的右半肝切除术时切除线应位于缺血线左侧；当切取包含右肝静脉的右后叶供肝时，切除线应设定在缺血线稍左侧的右前叶内。近些年还出现了使用吲哚菁绿（indocyanine green, ICG）辅助肝切除线定位的报道，如2021年Kim等<sup>[96]</sup>报道，腹腔镜半肝活体供肝切除术中使用ICG荧光染色可以准确显示左、右半肝平面，缩短手术时间，降低术后丙氨酸转氨酶及天冬氨酸转氨酶水平。Li等<sup>[97]</sup>报道，在腹腔镜S2单段活体供肝切取术中，结扎S3 Glisson蒂后，利用负染法显示S2、S3界限，切除S3来进行原位减体积。

**建议 16：**离断肝实质时，推荐采用阻断肝蒂后由肝脏表面的缺血线或ICG荧光染色法并结合术中超声确定切除线（证据级别：Ⅲ级；推荐强度：强）。

**5.3.3 肝门阻断方法** 目前，像常用的CUSA、超声刀等能量器械，在断面渗血的情况下工作效率极其低下，而减少出血不仅能缩短肝实质离断时间，还能提高效率；另外，断面渗血增加镜头污染机会，需要频繁擦拭镜头，延长手术时间。因此，Imamura等<sup>[98]</sup>最早提出在传统开放活体供肝切取术中采用间歇性肝门阻断的方法，以提高肝实质离断效率。2012年Park等<sup>[99]</sup>进行的一项随机对照试验的结果显示，在开放活体右半肝获取过程中，采用

间歇性肝门阻断, 仅在术后丙氨酸转氨酶峰值高于非阻断组, 但是供者总出血量及术后住院时间均优于非阻断组。来自四川大学华西医院的器官移植团队<sup>[65]</sup>也报道, 间歇性肝门阻断可能会使供者术后早期的转氨酶峰值升高, 但是在术后第 5 天时恢复正常且对长期预后无影响。2021 年亚太肝胆胰协会和国际腹腔镜肝脏协会就是否进行肝门阻断的问题询问了专家组的意见, 针对间歇性肝门阻断目前的共识是, 尚无证据表明它对移植物有不良影响, 间歇性肝门阻断有助于缩短手术时间并减少出血量<sup>[25]</sup>。但是针对微创左外叶供肝切除术, 在有经验的移植中心可以采用无阻断的断肝方式, 但目前尚无充足证据, 仍待进一步研究。

**建议 17:** 目前尚无证据表明术中间歇性肝门阻断对移植物有不良影响, 间歇性肝门阻断有助于缩短手术时间, 减少出血量; 针对微创左外叶供肝切除术, 对于有经验的移植中心可以采用无阻断的断肝方式 (证据级别: IV 级; 推荐强度: 弱)。

## 5.4 血管解剖与离断

**5.4.1 动脉解剖与离断** 由于约有 1/5 的供者存在发自胃左动脉的副左肝动脉, 因此在进行活体供者左半肝或左外叶肝获取时应在术前检查或术中仔细辨认是否存在粗大的副左肝动脉, 若存在, 应该尽可能地保护血管以及保留充足的血管长度, 以便后续的吻合重建。相比之下, 多支右肝动脉的情况较少见且多为有利变异。通常是右肝动脉发自于肠系膜上动脉, 这样右肝移植会有一条单独且较长的动脉, 更利于吻合重建。术中进行肝动脉解剖暴露时, 切忌频繁夹持或暴力牵引肝动脉, 避免造成动脉内膜损伤。全身肝素化后, 离断肝动脉时可选用结扎或血管夹闭合后使用锐利腹腔镜剪刀在合适长短的断点离断动脉。

**建议 18:** 微创供肝切除术的动脉解剖暴露过程中, 应仔细、准确辨认变异动脉, 操作应小心、轻柔, 避免造成动脉内膜损伤, 可采用结扎或血管夹闭合动脉后使用锐利腹腔镜剪刀离断动脉 (证据级别: III 级; 推荐强度: 强)。

**5.4.2 门静脉解剖与离断** 就门静脉而言, 门静脉左支变异较少, 因此左侧移植物通常更容易获得足够的门静脉长度。如果右侧门静脉存在多支情况, 应该充分评估其切取风险和离断长度, 以便后期的重建。在微创供肝切除术中, 可以使用一次性组织闭合夹或血管切割闭合器来进行门静脉离断。但上述方法相比传统开放手术的切断-缝合法多损失 2~3 mm 的血管长度, 因此术中应该留下更多的门

静脉离断余地。

**建议 19:** 微创供肝切除术门静脉解剖暴露过程中, 应仔细、准确地辨认变异, 门静脉分支离断推荐采用一次性组织闭合夹或血管切割闭合器, 应充分考虑上述方法对血管损失长度的影响 (证据级别: III 级; 推荐强度: 强)。

**5.4.3 肝静脉解剖与离断** 建议术前通过 CT、磁共振成像及 3D 成像评估肝静脉的走行及可能存在的变异, 结合术中超声可以更好地定位肝静脉。根据移植物的类型进行必要的肝静脉的解剖与显露, 肝中静脉是半肝移植劈分过程中需要全程解剖的重要结构, 关键操作在于准确地寻找到肝中静脉的主干, 在保护肝中静脉主干的同时妥善地显露和离断拟切断侧的肝中静脉分支。此外, 术中采用低中心静脉压技术可以有效地预防和控制静脉出血。因在腹腔镜下或机器人下操作过程中, 离断肝静脉的主干后, 控制静脉断端难度较大, 为防止血管残端滑脱导致大出血的风险, 推荐使用血管切割闭合器进行粗大的肝静脉离断。

## 5.5 胆管解剖与离断

胆管处理是微创活体供肝切除术所面临的一大难题<sup>[100]</sup>。通常认为, 胆管的解剖、胆管离断点的确定、胆管残端的处理对于供受者术后胆管并发症的防治是至关重要的。一般来讲, 左侧胆管较长, 能够比较妥善处理; 而右侧胆管变异较多, 右前及右后肝管汇合位置不定。因此, 右肝移植胆管处理困难且其复杂程度远高于左肝移植<sup>[101]</sup>。

**5.5.1 胆管解剖** 对于胆管的解剖来讲, 在微创手术中, 外科医生更有可能在靠近胆管的附近使用能量器械, 这种热能的转移可能会对内皮造成损害且影响胆管周围的微血管, 导致胆管的缺血损伤<sup>[13, 39]</sup>。因此, 在解剖第一肝门时应该谨慎使用能量器械且避免过度解剖, 以减少胆管并发症的发生。

**5.5.2 胆管离断** 在胆管离断过程中, 如果外科医生将离断点放在更靠近供者侧, 这样可能会损害供者的安全, 从而增加供者术后胆管并发症发生的风险; 如果出于保留供者胆管断端长度的担忧, 将离断点放在靠近移植物侧, 这样可能会增加移植物胆管开口数量, 增加受者胆管吻合难度及术后胆汁漏发生的风险<sup>[13-14]</sup>。因此, 这需要外科医生更加精准地判断合适的胆管离断点, 以减少胆管并发症的发生<sup>[102]</sup>。传统活体肝移植常规采用术前 MRCP 结合术中胆道造影来准确评估供者胆管变异情况; 此外, 近年来的荧光腹腔镜下 ICG 胆道造影作为功能性逆行造影手段, 在腹腔镜供肝切除术中被广泛应

用。由于 ICG 在胆汁内浓聚的特性,可以利用荧光腹腔镜清晰地观察左右肝管的分叉点,从而更为精准地实时判断胆管离断点<sup>[103]</sup>。

**5.5.3 胆管残端处理** 在对胆管残端的处理过程中,夹闭或者是缝合均是可采用的方式<sup>[25]</sup>。尽管有研究者<sup>[60,104]</sup>报道,腔镜下缝合导致胆汁漏的几率更高,但是对于胆管残端较短的供者,强行夹闭会增加术后胆管狭窄的风险,应采用缝合的方式。

**建议 20:** 在胆管解剖时,应避免过度解剖及谨慎使用能量器械,以保护胆管周围血供(证据级别:Ⅳ级;推荐强度:强)。

**建议 21:** 在对胆管残端的处理过程中,夹闭或缝合均是可采用的方式(证据级别:Ⅳ级;推荐强度:强)。

**建议 22:** 针对胆管变异评估,术前均应行 MRCP 评估胆管情况。除左外叶肝切除外,术中应进行胆道造影或 ICG 胆道造影来判断胆管离断点(证据级别:Ⅳ级;推荐强度:弱)。

## 5.6 微创手术中转为开放手术的指征与时机

在活体肝移植供者微创手术中,保障供者的安全是首要任务,出现任何可能损害供者安全或移植物完整性的事件时均应该迅速术中转为开放手术,包括:难以控制的出血、无法确切暴露重要的解剖结构、无法准确识别的胆管或血管解剖变异、出现胆管或者血管的损伤、严重的气体栓塞等。一项包括全球 34 个中心涵盖 2 370 例患者的研究<sup>[105]</sup>发现,术中中转率达 3.86%~5.37%。因此,外科医生应理性看待术中中转,其发生并不代表手术的失败<sup>[106]</sup>。

**建议 23:** 出现任何可能损害供者安全或移植物完整性的事件时均应该迅速中转为开放手术,包括:难以控制的出血、无法确切暴露重要的解剖结构、无法准确识别的胆管或血管解剖变异、出现胆管或者血管的损伤、严重的气体栓塞等(证据级别:Ⅳ级;推荐强度:强)。

## 6 活体肝移植供者微创手术的学习曲线

通常认为,活体肝移植供者微创手术的开展需要丰富的腹腔镜肝脏切除和开放活体供肝切除经验的医师来完成<sup>[2,39,68,107]</sup>。根据文献<sup>[25,43,108]</sup>报道,供者术后并发症的发生率在腹腔镜供肝切除术开展的早期阶段明显高于在后期阶段。Hong 等<sup>[109]</sup>采用累积和法对同一外科医生进行腹腔镜活体供者右半肝切除术的手术时间进行分析后认为,该术式的学习曲线为 65~70 例,并且认为标准化流程的制定

以及经验的分享能够缩短学习曲线。对于刚开展腹腔镜供肝切除术的医疗机构及医师,应选择具有良好解剖学结构的供者<sup>[25,110]</sup>。在能够安全地处理更具挑战性的解剖结构变异供者之前,良好的解剖学结构能够使外科医师获得经验的积累以及技术的标准化<sup>[111]</sup>。

目前,机器人手术系统在活体肝移植供肝切除手术中的应用案例尚少,并且缺乏前瞻性的临床研究支持,尽管它在技术上已被证明可行,但目前尚未在各个移植中心得到广泛应用。在肝脏微创手术的操作方面,机器人与腹腔镜相比存在多方面的优势,所以机器人活体供肝切除也逐渐成为肝移植中的研究热点。对于拟开展机器人活体供肝切除术的机构来说,首先需要具有丰富的包括开放活体供肝切除以及机器人肝脏手术经验的医师来完成;同时建立固定的包括主刀医生、助手及手术护士在内的机器人团队,从而提高供者安全、手术效率及加快学习;尽可能地请有经验的团队进行合作带教,这样能显著缩短学习曲线<sup>[30]</sup>。

**建议 24:** 活体肝移植供者微创手术的开展,需要丰富的微创肝切除和开放活体供肝切除经验的医师来完成(证据级别:Ⅴ级;推荐强度:强)。

**建议 25:** 建议缺乏开展活体肝移植供者微创手术的移植中心,先以腹腔镜左外叶供者获取手术作为初始术式,以供者安全为首要目标,稳步过渡为腹腔镜半肝供者获取手术(证据级别:Ⅴ级;推荐强度:强)。

**建议 26:** 在熟练掌握活体肝移植供者微创手术之前,应尽可能避免选择存在解剖学变异供者进行手术(证据级别:Ⅲ级;推荐强度:强)。

## 《中国活体肝移植供者微创手术技术指南(2024年版)》编审委员会成员名单

### 主审专家:

郑树森	浙江大学医学院附属第一医院/ 树兰(杭州)医院
陈孝平	华中科技大学同济医学院附属同济医院
董家鸿	清华大学附属北京清华长庚医院
窦科峰	空军军医大学附属西京医院
夏强	上海交通大学医学院附属仁济医院
严律南	四川大学华西医院
薛武军	西安交通大学医学院第一附属医院
朱志军	首都医科大学附属北京友谊医院



## 编委会成员（按姓氏汉语拼音排序）：

- |     |                           |     |                   |
|-----|---------------------------|-----|-------------------|
| 蔡 阳 | 杭州市第一人民医院                 | 明英姿 | 中南大学湘雅三医院         |
| 蔡金贞 | 青岛大学附属医院                  | 彭志海 | 厦门大学附属翔安医院        |
| 陈规划 | 中山大学附属第三医院                | 冉江华 | 昆明市第一人民医院         |
| 陈知水 | 华中科技大学同济医学院附属同济医院         | 时 军 | 同济大学附属东方医院吉安医院    |
| 陈忠华 | 华中科技大学同济医学院附属同济医院         | 孙倍成 | 安徽医科大学第一附属医院      |
| 程 颖 | 中国医科大学附属第一医院              | 孙诚谊 | 贵阳医科大学附属医院        |
| 窦 剑 | 河北医科大学第三医院                | 孙煦勇 | 广西医科大学附属第二医院      |
| 杜顺达 | 中国医学科学院北京协和医院             | 孙玉岭 | 郑州大学第一附属医院        |
| 杜成友 | 重庆医科大学附属第一医院              | 司中洲 | 中南大学湘雅二院          |
| 傅志仁 | 上海交通大学医学院附属瑞金医院           | 邵英梅 | 新疆医科大学第一附属医院      |
| 郭志勇 | 中山大学附属第一医院                | 宋九林 | 四川大学华西医院          |
| 高良辉 | 海南医学院第一附属医院               | 陶开山 | 空军军医大学附属西京医院      |
| 何晓顺 | 中山大学附属第一医院                | 滕木俭 | 山东省千佛山医院          |
| 贺 强 | 首都医科大学附属朝阳医院              | 万云乐 | 中山大学附属第六医院        |
| 黄 磊 | 北京大学人民医院                  | 万雪帅 | 中国医学科学院北京协和医院     |
| 黄建钊 | 贵州省人民医院                   | 王立明 | 大连医科大学附属第二医院      |
| 霍 枫 | 南部战区总医院                   | 温 浩 | 新疆医科大学第一附属医院      |
| 贾长库 | 杭州市第一人民医院                 | 吴 刚 | 中国医科大学附属第一医院      |
| 蒋文涛 | 天津市第一中心医院                 | 吴 健 | 浙江大学医学院附属第一医院     |
| 蒋继贫 | 华中科技大学同济医学院附属同济医院         | 吴向未 | 石河子大学医学院第一附属医院    |
| 焦作义 | 兰州大学附属第二医院                | 吴忠均 | 重庆医科大学附属第一医院      |
| 景鸿恩 | 青海大学附属医院                  | 魏 来 | 华中科技大学同济医学院附属同济医院 |
| 郎 韧 | 首都医科大学附属北京朝阳医院            | 徐 剑 | 海南医学院第二附属医院       |
| 李 波 | 四川大学华西医院                  | 徐 钧 | 山西医科大学附属第一医院      |
| 李 立 | 昆明市第一人民医院                 | 杨 扬 | 中山大学附属第三医院        |
| 李 宁 | 首都医科大学附属佑安医院              | 杨洪吉 | 四川省人民医院           |
| 李启勇 | 树兰（杭州）医院                  | 杨占宇 | 解放军总医院第一医学中心      |
| 李文岗 | 厦门大学附属成功医院                | 杨诏旭 | 空军军医大学附属西京医院      |
| 李玉民 | 兰州大学医学院                   | 杨 俭 | 四川大学华西医院          |
| 李志强 | 青岛大学附属医院                  | 叶启发 | 武汉大学中南医院          |
| 栗光明 | 首都医科大学附属佑安医院              | 易述红 | 中山大学附属第三医院        |
| 刘 军 | 山东省立医院                    | 周 俭 | 复旦大学附属中山医院        |
| 刘 磊 | 深圳市第三人民医院                 | 张 峰 | 江苏省人民医院           |
| 刘景丰 | 福建省肿瘤医院                   | 张 磊 | 兰州大学附属第一医院        |
| 刘连新 | 中国科学技术大学附属第一医院/<br>安徽省立医院 | 张 珉 | 浙江大学医学院附属第一医院     |
| 刘永锋 | 中国医科大学附属第一医院              | 张 武 | 树兰（杭州）医院          |
| 刘作金 | 重庆医科大学附属第二医院              | 张雷达 | 陆军军医大学第一附属医院      |
| 卢实春 | 中国人民解放军总医院                | 张水军 | 郑州大学第一附属医院        |
| 卢 倩 | 清华大学附属北京清华长庚医院            | 赵顺云 | 青海省人民医院           |
| 吕 凌 | 江苏省人民医院                   | 郑 虹 | 天津市第一中心医院         |
| 吕 毅 | 西安交通大学医学院第一附属医院           | 钟 林 | 上海市第一人民医院         |
| 吕国悦 | 吉林大学第一医院                  | 朱海涛 | 贵州医科大学附属医院        |
| 梁廷波 | 浙江大学医学院附属第一医院             | 朱继业 | 北京大学人民医院          |
|     |                           | 朱晓峰 | 中山大学附属第一医院        |

## 执笔专家:

杨家印 四川大学华西医院  
 吴 泓 四川大学华西医院  
 吕 涛 四川大学华西医院  
 徐 岗 四川大学华西医院  
 徐 西 四川大学华西医院  
 魏 林 首都医科大学附属北京友谊医院  
 李建华 复旦大学附属华山医院  
 张嘉凯 郑州大学第一附属医院  
 卫 强 浙江大学医学院

## 参考文献

- Cherqui D, Soubrane O, Husson E, *et al.* Laparoscopic living donor hepatectomy for liver transplantation in children. *Lancet*, 2002, 359(9304): 392-396.
- Han HS, Cho JY, Kaneko H, *et al.* Expert panel statement on laparoscopic living donor hepatectomy. *Dig Surg*, 2018, 35(4): 284-288.
- Koffron AJ, Kung R, Baker T, *et al.* Laparoscopic-assisted right lobe donor hepatectomy. *Am J Transplant*, 2006, 6(10): 2522-2525.
- Kim SH, Cho SY, Lee KW, *et al.* Upper midline incision for living donor right hepatectomy. *Liver Transpl*, 2009, 15(2): 193-198.
- Troisi RI, Wojcicki M, Tomassini F, *et al.* Pure laparoscopic full-left living donor hepatectomy for calculated small-for-size LDLT in adults: proof of concept. *Am J Transplant*, 2013, 13(9): 2472-2478.
- Samstein B, Cherqui D, Rotellar F, *et al.* Totally laparoscopic full left hepatectomy for living donor liver transplantation in adolescents and adults. *Am J Transplant*, 2013, 13(9): 2462-2466.
- Soubrane O, Perdigo Cotta F, Scatton O. Pure laparoscopic right hepatectomy in a living donor. *Am J Transplant*, 2013, 13(9): 2467-2471.
- Rotellar F, Pardo F, Benito A, *et al.* Totally laparoscopic right-lobe hepatectomy for adult living donor liver transplantation: useful strategies to enhance safety. *Am J Transplant*, 2013, 13(12): 3269-3273.
- 杨家印, 李波, 王文涛, 等. 腹腔镜辅助活体供者右半肝切取临床应用 (附视频). *中华移植杂志 (电子版)*, 2012, 6(1): 11-14.
- 蒋文涛, 马楠, 张骊, 等. 腹腔镜辅助带肝中静脉活体右半肝供肝切取 20 例报道. *福建厦门: 2012 中国器官移植大会*, 2012
- Li H, Wei Y, Li B. Total laparoscopic living donor right hemihepatectomy: first case in China Mainland and literature review. *Surg Endosc*, 2016, 30(10): 4622-4623.
- Giulianotti PC, Tzvetanov I, Jeon H, *et al.* Robot-assisted right lobe donor hepatectomy. *Transpl Int*, 2012, 25(1): e5-e9. doi: 10.1111/j.1432-2277.2011.01373.x.
- Hong SK, Tan MY, Worakitti L, *et al.* Pure laparoscopic versus open right hepatectomy in live liver donors: a propensity score-matched analysis. *Ann Surg*, 2022, 275(1): e206-e212. doi: 10.1097/SLA.0000000000003914.
- Rhu J, Choi GS, Kwon CHD, *et al.* Learning curve of laparoscopic living donor right hepatectomy. *Br J Surg*, 2020, 107(3): 278-288.
- Samstein B, Griesemer A, Halazun K, *et al.* Pure laparoscopic donor hepatectomies: ready for widespread adoption? *Ann Surg*, 2018, 268(4): 602-609.
- Brozek JL, Akl EA, Jaeschke R, *et al.* Grading quality of evidence and strength of recommendations in clinical practice guidelines: Part 2 of 3. The GRADE approach to grading quality of evidence about diagnostic tests and strategies. *Allergy*, 2009, 64(8): 1109-1116.
- Han HS, Cho JY, Yoon YS, *et al.* Total laparoscopic living donor right hepatectomy. *Surg Endosc*, 2015, 29(1): 184. doi: 10.1007/s00464-014-3649-9.
- Xu J, Hu C, Cao HL, *et al.* Meta-analysis of laparoscopic versus open hepatectomy for live liver donors. *PLoS One*, 2016, 11(10): e0165319. doi: 10.1371/journal.pone.0165319.
- 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. *Ann Surg*, 2023, 277(1): e103-e111. doi: 10.1097/SLA.0000000000005380.
- Di Benedetto F, Magistri P, Di Sandro S, *et al.* Safety and efficacy of robotic vs open liver resection for hepatocellular carcinoma. *JAMA Surg*, 2023, 158(1): 46-54.
- Park JI, Kim KH, Lee SG. Laparoscopic living donor hepatectomy: a review of current status. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*, 2015, 22(11): 779-788.
- Simillis C, Constantinides VA, Tekkis PP, *et al.* Laparoscopic versus open hepatic resections for benign and malignant neoplasms—a meta-analysis. *Surgery*, 2007, 141(2): 203-211.
- Koffron AJ, Auffenberg G, Kung R, *et al.* Evaluation of 300 minimally invasive liver resections at a single institution: less is more. *Ann Surg*, 2007, 246(3): 385-392.
- Gao Y, Wu W, Liu C, *et al.* Comparison of laparoscopic and open living donor hepatectomy: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100(32): e26708. doi: 10.1097/MD.00000000000026708.
- Cherqui D, Ciria R, Kwon CHD, *et al.* Expert consensus guidelines on minimally invasive donor hepatectomy for living donor liver transplantation from innovation to implementation: a joint initiative from the International Laparoscopic Liver Society (ILLS) and the Asian-Pacific Hepato-Pancreato-Biliary Association (A-PPBA). *Ann Surg*, 2021, 273(1): 96-108.
- Coelho FF, Bernardo WM, Kruger JAP, *et al.* Laparoscopy-assisted versus open and pure laparoscopic approach for liver resection and living donor hepatectomy: a systematic review and meta-analysis. *HPB (Oxford)*, 2018, 20(8): 687-694.
- Park JH, Suh S, Hong SK, *et al.* Pure laparoscopic versus open right donor hepatectomy including the middle hepatic vein: a comparison of outcomes and safety. *Ann Surg Treat Res*, 2022, 103(1): 40-46.
- Hong SK, Choi GS, Han J, *et al.* Pure laparoscopic donor hepatectomy: a multicenter experience. *Liver Transpl*, 2021, 27(1): 67-76.
- Soubrane O, Eguchi S, Uemoto S, *et al.* Minimally invasive donor hepatectomy for adult living donor liver transplantation: an international, multi-institutional evaluation of safety, efficacy and early outcomes. *Ann Surg*, 2022, 275(1): 166-174.
- Broering D, Sturdevant ML, Zidan A. Robotic donor hepatectomy: a major breakthrough in living donor liver transplantation. *Am J Transplant*, 2022, 22(1): 14-23.
- Pei J, Shen C, Li R, *et al.* Comparison of two donor liver procurement methods for treatment of pediatric acute liver failure. *Front Pediatr*, 2022, 10: 816516. doi: 10.3389/fped.2022.816516.
- Zhang W, Xu L, Zhang J, *et al.* Safety and feasibility of laparoscopic living donor right hepatectomy for adult liver transplantation: a meta-analysis. *HPB (Oxford)*, 2021, 23(3): 344-358.
- Ziogas IA, Kakos CD, Moris DP, *et al.* Systematic review and meta-analysis of open versus laparoscopy-assisted versus pure laparoscopic versus robotic living donor hepatectomy. *Liver Transpl*, 2023, 29(10): 1063-1078.
- Hong SK, Suh KS, Kim KA, *et al.* Pure laparoscopic versus open left hepatectomy including the middle hepatic vein for living donor liver transplantation. *Liver Transpl*, 2020, 26(3): 370-378.
- Abecassis MM, Fisher RA, Olthoff KM, *et al.* Complications of living donor hepatic lobectomy—a comprehensive report. *Am J Transplant*, 2012, 12(5): 1208-1217.
- Xiao J, Zeng RW, Lim WH, *et al.* The incidence of adverse outcome in donors after living donor liver transplantation: a meta-analysis of 60 829 donors. *Liver Transpl*, 2023 Nov 29. doi:



- 10.1097/LVT.0000000000000303.
- 37 Lee SK, Han YS, Ha H, *et al.* A single center experience for a feasibility of totally laparoscopic living donor right hepatectomy. *J Minim Invasive Surg*, 2019, 22(2): 61-68.
  - 38 Broering DC, Elsheikh Y, Shagrani M, *et al.* Pure laparoscopic living donor left lateral sectionectomy in pediatric transplantation: a propensity score analysis on 220 consecutive patients. *Liver Transpl*, 2018, 24(8): 1019-1030.
  - 39 Park J, Kwon DCH, Choi GS, *et al.* Safety and risk factors of pure laparoscopic living donor right hepatectomy: comparison to open technique in propensity score-matched analysis. *Transplantation*, 2019, 103(10): e308-e316. doi: 10.1097/TP.0000000000002834.
  - 40 Jeong JS, Wi W, Chung YJ, *et al.* Comparison of perioperative outcomes between pure laparoscopic surgery and open right hepatectomy in living donor hepatectomy: propensity score matching analysis. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 5314. doi: 10.1038/s41598-020-62289-0.
  - 41 Li H, Zhang JB, Chen XL, *et al.* Different techniques for harvesting grafts for living donor liver transplantation: a systematic review and meta-analysis. *World J Gastroenterol*, 2017, 23(20): 3730-3743.
  - 42 Mu C, Chen C, Wan J, *et al.* Minimally invasive donors right hepatectomy *versus* open donors right hepatectomy: a meta-analysis. *J Clin Med*, 2023, 12(8): 2904. doi: 10.3390/jcm12082904.
  - 43 Rhu J, Choi GS, Kim JM, *et al.* Complete transition from open surgery to laparoscopy: 8-year experience with more than 500 laparoscopic living donor hepatectomies. *Liver Transpl*, 2022, 28(7): 1158-1172.
  - 44 Rhu J, Kim MS, Choi GS, *et al.* Laparoscopic living donor right hepatectomy regarding the anatomical variation of the portal vein: a propensity score-matched analysis. *Liver Transpl*, 2021, 27(7): 984-996.
  - 45 Lincango Naranjo EP, Garcés-Delgado E, Siepmann T, *et al.* Robotic living donor right hepatectomy: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Med*, 2022, 11(9): 2603. doi: 10.3390/jcm11092603.
  - 46 Peng Y, Li B, Xu H, *et al.* Pure laparoscopic *versus* open approach for living donor right hepatectomy: a systematic review and meta-analysis. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2022, 32(8): 832-841.
  - 47 He K, Pan Y, Wang H, *et al.* Pure laparoscopic living donor hepatectomy with/without fluorescence-assisted technology and conventional open procedure: a retrospective study in Mainland China. *Front Surg*, 2021, 8: 771250. doi: 10.3389/fsurg.2021.771250.
  - 48 Sha M, Zong ZP, Shen C, *et al.* Pure laparoscopic *versus* open left lateral hepatectomy in pediatric living donor liver transplantation: a review and meta-analysis. *Hepatol Int*, 2023, 17(6): 1587-1595.
  - 49 Lo CM, Fan ST, Liu CL, *et al.* Lessons learned from one hundred right lobe living donor liver transplants. *Ann Surg*, 2004, 240(1): 151-158.
  - 50 Trotter JF, Wachs M, Everson GT, *et al.* Adult-to-adult transplantation of the right hepatic lobe from a living donor. *N Engl J Med*, 2002, 346(14): 1074-1082.
  - 51 Brown RS. Live donors in liver transplantation. *Gastroenterology*, 2008, 134(6): 1802-1813.
  - 52 Taner CB, Dayangac M, Akin B, *et al.* Donor safety and remnant liver volume in living donor liver transplantation. *Liver Transpl*, 2008, 14(8): 1174-1179.
  - 53 Cho JY, Suh KS, Kwon CH, *et al.* Outcome of donors with a remnant liver volume of less than 35% after right hepatectomy. *Liver Transpl*, 2006, 12(2): 201-206.
  - 54 Chen YS, Cheng YF, De Villa VH, *et al.* Evaluation of living liver donors. *Transplantation*, 2003, 75(3 Suppl): S16-S19. doi: 10.1097/01.TP.0000046535.49186.EB.
  - 55 Barr ML, Belghiti J, Villamil FG, *et al.* A report of the Vancouver Forum on the care of the live organ donor: lung, liver, pancreas, and intestine data and medical guidelines. *Transplantation*, 2006, 81(10): 1373-1385.
  - 56 Iwasaki M, Takada Y, Hayashi M, *et al.* Noninvasive evaluation of graft steatosis in living donor liver transplantation. *Transplantation*, 2004, 78(10): 1501-1505.
  - 57 Hwang S, Lee SG, Lee YJ, *et al.* Lessons learned from 1 000 living donor liver transplantations in a single center: how to make living donations safe. *Liver Transpl*, 2006, 12(6): 920-927.
  - 58 Rinella ME, Alonso E, Rao S, *et al.* Body mass index as a predictor of hepatic steatosis in living liver donors. *Liver Transpl*, 2001, 7(5): 409-414.
  - 59 Kwon CHD, Choi GS, Joh JW. Laparoscopic right hepatectomy for living donor. *Curr Opin Organ Transplant*, 2019, 24(2): 167-174.
  - 60 Park J, Kwon CHD, Choi GS, *et al.* One-year recipient morbidity of liver transplantation using pure laparoscopic *versus* open living donor right hepatectomy: propensity score analysis. *Liver Transpl*, 2019, 25(11): 1642-1650.
  - 61 Kwon CHD, Choi GS, Kim JM, *et al.* Laparoscopic donor hepatectomy for adult living donor liver transplantation recipients. *Liver Transpl*, 2018, 24(11): 1545-1553.
  - 62 Chen KH, Siow TF, Chio UC, *et al.* Laparoscopic donor hepatectomy. *Asian J Endosc Surg*, 2018, 11(2): 112-117.
  - 63 Cho HD, Kim KH, Yoon YI, *et al.* Comparing purely laparoscopic *versus* open living donor right hepatectomy: propensity score-matched analysis. *Br J Surg*, 2021, 108(7): e233-e234. doi: 10.1093/bjs/znab090.
  - 64 Chen KH, Huang CC, Siow TF, *et al.* Totally laparoscopic living donor right hepatectomy in a donor with trifurcation of bile duct. *Asian J Surg*, 2016, 39(1): 51-55.
  - 65 Song JL, Yang J, Wu H, *et al.* Pure laparoscopic right hepatectomy of living donor is feasible and safe: a preliminary comparative study in China. *Surg Endosc*, 2018, 32(11): 4614-4623.
  - 66 Lu L, Wang ZX, Zhu WW, *et al.* Left hepatic vein preferential approach based on anatomy is safe and feasible for laparoscopic living donor left lateral sectionectomy. *Liver Transpl*, 2021, 27(1): 88-95.
  - 67 Park K, Shehta A, Lee JM, *et al.* Pure 3D laparoscopy *versus* open right hemihepatectomy in a donor with type II and III portal vein variations. *Ann Hepatobiliary Pancreat Surg*, 2019, 23(4): 313-318.
  - 68 Song JL, Wu H, Yang JY. Laparoscopic donor right hepatectomy in a donor with type III portal vein anomaly: a case report. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(32): e16736. doi: 10.1097/MD.00000000000016736.
  - 69 Sakai T, Ko JS, Crouch CE, *et al.* Perioperative management of living donor liver transplantation: part 2—donors. *Clin Transplant*, 2022, 36(6): e14690. doi: 10.1111/ctr.14690.
  - 70 Lee EK, Bang YJ, Kwon JH, *et al.* Change of anesthetic management from open to laparoscopic living donor right hepatectomy after learning curve. *Transplant Proc*, 2022, 54(2): 406-408.
  - 71 Futier E, Constantin JM, Paugam-Burtz C, *et al.* A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery. *N Engl J Med*, 2013, 369(5): 428-437.
  - 72 Akbulut A, Alim A, Karatas C, *et al.* Anesthesia management in laparoscopic donor hepatectomy: the first report from turkey. *Transplant Proc*, 2023, 55(5): 1166-1170.
  - 73 Otsuka Y, Katagiri T, Ishii J, *et al.* Gas embolism in laparoscopic hepatectomy: what is the optimal pneumoperitoneal pressure for laparoscopic major hepatectomy? *J Hepatobiliary Pancreat Sci*, 2013, 20(2): 137-140.
  - 74 李嘉, 邓靖单, 李舒凡, 等. 腹腔镜肝切除术中 CO<sub>2</sub> 气体栓塞发生危险因素及临床处理. *中华肝脏外科手术学电子杂志*, 2021, 10(2): 197-200.
  - 75 Ikegami T, Shirabe K, Yamashita Y, *et al.* Small upper midline incision for living donor hemi-liver graft procurement in adults. *J Am Coll Surg*, 2014, 219(3): e39-e43. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2014.04.021.

- 76 Li J, Huang J, Wu H, *et al.* Laparoscopic living donor right hemihepatectomy with venous outflow reconstruction using cadaveric common iliac artery allograft: Case report and literature review. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(7): e6167. doi: 10.1097/MD.00000000000006167.
- 77 Zhang B, Pan Y, Chen K, *et al.* Laparoscopy-assisted *versus* open hepatectomy for live liver donor: systematic review and meta-analysis. *Can J Gastroenterol Hepatol*, 2017, 2017: 2956749. doi: 10.1155/2017/2956749.
- 78 Rodrigues Armijo P, Huang CK, Carlson T, *et al.* Ergonomics analysis for subjective and objective fatigue between laparoscopic and robotic surgical skills practice among surgeons. *Surg Innov*, 2020, 27(1): 81-87.
- 79 Armijo PR, Huang CK, High R, *et al.* Ergonomics of minimally invasive surgery: an analysis of muscle effort and fatigue in the operating room between laparoscopic and robotic surgery. *Surg Endosc*, 2019, 33(7): 2323-2331.
- 80 《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. *临床肝胆病杂志*, 2019, 35(7): 1459-1471.
- 81 Cho CW, Choi GS, Kim KS. Surgical techniques and outcomes of pure laparoscopic donor right posterior sectionectomy for living donor liver transplantation. *Liver Transpl*, 2022, 28(2): 325-329.
- 82 Cho CW, Choi GS, *et al.* Comparison of pure laparoscopic donor right posterior sectionectomy *versus* right hemihepatectomy for living donor liver transplantation. *Liver Transpl*, 2023, 29(11): 1199-1207.
- 83 Gómez-Gómez E, Carrasco-Valiente J, Valero-Rosa J, *et al.* Impact of 3D vision on mental workload and laparoscopic performance in inexperienced subjects. *Actas Urol Esp*, 2015, 39(4): 229-235.
- 84 Poudel S, Kurashima Y, Watanabe Y, *et al.* Impact of 3D in the training of basic laparoscopic skills and its transferability to 2D environment: a prospective randomized controlled trial. *Surg Endosc*, 2017, 31(3): 1111-1118.
- 85 Hong SK, Shin E, Lee KW, *et al.* Pure laparoscopic donor right hepatectomy: perspectives in manipulating a flexible scope. *Surg Endosc*, 2019, 33(5): 1667-1673.
- 86 Hong SK, Suh KS, Kim HS, *et al.* Pediatric living donor liver transplantation using a monosegment procured by pure 3D laparoscopic left lateral sectionectomy and *in situ* reduction. *J Gastrointest Surg*, 2018, 22(6): 1135-1136.
- 87 Hong SK, Suh KS, Lee JM, *et al.* New technique for management of separate right posterior and anterior portal veins in pure 3D laparoscopic living donor right hepatectomy. *J Gastrointest Surg*, 2020, 24(2): 462-463.
- 88 Hong SK, Suh KS, Kim HS, *et al.* Pure 3D laparoscopic living donor right hemihepatectomy in a donor with separate right posterior and right anterior hepatic ducts and portal veins. *Surg Endosc*, 2017, 31(11): 4834-4835.
- 89 Song JL, Wu H, Yang JY. Pure three-dimensional laparoscopic full left hepatectomy of a living donor for an adolescent in China. *Chin Med J (Engl)*, 2019, 132(2): 242-244.
- 90 Qiu D, Zhuang H, Han F. Effect and influence factor analysis of intrahepatic Glisson's sheath vascular disconnection approach for anatomical hepatectomy by three-dimensional laparoscope. *J BUON*, 2017, 22(1): 157-161.
- 91 Au KP, Chok KSH. Minimally invasive donor hepatectomy, are we ready for prime time? *World J Gastroenterol*, 2018, 24(25): 2698-2709.
- 92 Cho JY, Han HS, Kaneko H, *et al.* Survey results of the expert meeting on laparoscopic living donor hepatectomy and literature review. *Dig Surg*, 2018, 35(4): 289-293.
- 93 Soubrane O, Kwon CH. Tips for pure laparoscopic right hepatectomy in the live donor. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*, 2017, 24(2): E1-E5. doi: 10.1002/jhbp.425.
- 94 Kim KH, Yu YD, Jung DH, *et al.* Laparoscopic living donor hepatectomy. *Korean J Hepatobiliary Pancreat Surg*, 2012, 16(2): 47-54.
- 95 曾勇, 杨家印, 廖明恒, 等. 腹腔镜活体肝移植供肝切取关键技术. *中国实用外科杂志*, 2017, 37(5): 500-504.
- 96 Kim J, Hong SK, Lim J, *et al.* Demarcating the exact midplane of the liver using indocyanine green near-infrared fluorescence imaging during laparoscopic donor hepatectomy. *Liver Transpl*, 2021, 27(6): 830-839.
- 97 Li H, Zhu Z, Wei L, *et al.* Laparoscopic left lateral monosegmentectomy in pediatric living donor liver transplantation using real-time ICG fluorescence *in situ* reduction. *J Gastrointest Surg*, 2020, 24(9): 2185-2186.
- 98 Imamura H, Kokudo N, Sugawara Y, *et al.* Pringle's maneuver and selective inflow occlusion in living donor liver hepatectomy. *Liver Transpl*, 2004, 10(6): 771-778.
- 99 Park JB, Joh JW, Kim SJ, *et al.* Effect of intermittent hepatic inflow occlusion with the Pringle maneuver during donor hepatectomy in adult living donor liver transplantation with right hemiliver grafts: a prospective, randomized controlled study. *Liver Transpl*, 2012, 18(1): 129-137.
- 100 Zhang HM, Wei L, Li HY, *et al.* Impact of pure laparoscopic surgery on bile duct division of living donor left lateral section procurement. *Hepatobiliary Surg Nutr*, 2023, 12(3): 328-340.
- 101 魏永刚, 李波. 腹腔镜技术在活体肝移植中的应用. *实用器官移植电子杂志*, 2021, 9(6): 436-439, 425.
- 102 Hong SK, Lee KW, Kim HS, *et al.* Optimal bile duct division using real-time indocyanine green near-infrared fluorescence cholangiography during laparoscopic donor hepatectomy. *Liver Transpl*, 2017, 23(6): 847-852.
- 103 Meng X, Wang H, Xu Y, *et al.* Indocyanine green fluorescence image-guided total laparoscopic living donor right hepatectomy: the first case report from Mainland China. *Int J Surg Case Rep*, 2018, 53: 406-409.
- 104 Rhu J, Kim MS, Choi GS, *et al.* A novel technique for bile duct division during laparoscopic living donor hepatectomy to overcome biliary complications in liver transplantation recipients: "cut and clip" rather than "clip and cut". *Transplantation*, 2021, 105(8): 1791-1799.
- 105 Rotellar F, Ciria R, Wakabayashi G, *et al.* World survey on minimally invasive donor hepatectomy: a global snapshot of current practices in 2 370 cases. *Transplantation*, 2022, 106(1): 96-105.
- 106 吴泓, 杨家印, 魏永刚, 等. 腹腔镜活体肝移植供肝切取技术要点及评价(附 12 例报告). *中国实用外科杂志*, 2017, 37(5): 559-564.
- 107 朱晓丹, 董家鸿. 腹腔镜活体肝移植供肝切取术的现状. *武警医学*, 2018, 29(1): 81-86.
- 108 Rhu J, Choi GS, Kim JM, *et al.* Feasibility of total laparoscopic living donor right hepatectomy compared with open surgery: comprehensive review of 100 cases of the initial stage. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*, 2020, 27(1): 16-25.
- 109 Hong SK, Suh KS, Yoon KC, *et al.* The learning curve in pure laparoscopic donor right hepatectomy: a cumulative sum analysis. *Surg Endosc*, 2019, 33(11): 3741-3748.
- 110 Kim KH, Kang SH, Jung DH, *et al.* Initial outcomes of pure laparoscopic living donor right hepatectomy in an experienced adult living donor liver transplant center. *Transplantation*, 2017, 101(5): 1106-1110.
- 111 Au KP, Chok KSH. Multidisciplinary approach for post-liver transplant recurrence of hepatocellular carcinoma: a proposed management algorithm. *World J Gastroenterol*, 2018, 24(45): 5081-5094.

收稿日期: 2024-02-24

本文编辑: 罗云海