

肝脏外科治疗理念的变迁与技术进步

袁文康 张冲 张超



作者简介:张超,教授,医学博士,博士研究生导师,安徽医科大学第一附属医院主任医师,致力于腹腔镜及机器人肝胆胰脾疾病外科治疗研究。兼任国际肝胆胰协会中国分会胆道结石专业委员会委员,中国医师协会全国机器人委员会外科委员,中国研究型医院学会智能医学专业委员会委员,中国抗癌协会腔镜与机器人外科分会委员,中国抗癌协会肿瘤营养专业委员会外科营养学组委员,中国医疗保健国家交流促进会加速康复外科学分会肝脏外科康复学组委员及安徽省多个外科协会副主任委员和常务委员。主持和参与国家级及省厅级科研课题多项,以第一作者或通讯作者在 *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*、*Journal for ImmunoTherapy of Cancer*、*International Immunopharmacology* 等国际和国内核心期刊发表论文 30 余篇。

【摘要】 肝脏外科相关疾病的治疗多采用以手术治疗为主的综合疗法,肝脏外科手术难度大,往往涉及复杂的解剖及精细的血管吻合。如何减少手术出血量、提高手术安全性、简化手术操作、降低并发症和死亡率,一直是肝脏外科领域研究的焦点。随着人们生活水平的提高,对医疗质量的要求随之提升,将微创外科、精准外科、加速康复外科(ERAS)理念融入肝脏外科诊疗过程,顺应时代发展的要求。而随着科技的进步,以三维可视化技术为代表数字化技术,推动了外科手术的智能、精准化、微创化发展。本文就近年来肝脏外科治疗理念的变迁和技术进步做一阐述。

【关键词】 肝切除术; 微创外科; 精准外科; 加速康复外科; 三维可视化; 腹腔镜肝切除术; 机器人肝切除术

Changes in the concept and technical progress of liver surgery Yuan Wenkang, Zhang Chong, Zhang Chao. Department of General Surgery, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022, China

Corresponding author: Zhang Chao, Email: 13965053990@163.com

【Abstract】 Surgery-based comprehensive treatment is primarily adopted for liver surgery-related diseases. Liver surgery is highly challenging, which involves complex anatomy and fine vascular anastomosis. How to reduce the amount of bleeding, improve the safety of surgery, simplify surgical procedures, reduce the incidence of complications and mortality rate have been the focus of research in the field of liver surgery. With

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2025.05.003

基金项目:国家自然科学基金(82303475);安徽省高等学校科学研究项目(2022AH040161)

作者单位:230022 合肥,安徽医科大学第一附属医院普通外科

通信作者:张超, Email: 13965053990@163.com

引用本文:袁文康,张冲,张超. 肝脏外科治疗理念的变迁与技术进步 [J/OL]. 中华肝胆外科手术学电子杂志, 2025, 14(5): 673-679. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2025.05.003.

the improvement of living standards, the requirements for medical quality have been elevated accordingly. The concepts of minimally invasive surgery, precision surgery and enhanced recovery after surgery (ERAS) have been integrated into the diagnosis and treatment of liver surgery to meet the requirements in the modern era. With the progress in science and technology, digital technologies represented by three-dimensional visualization technology have accelerated the development of intelligent, precise and minimally invasive surgery. In this article, recent changes in the concept and technical progress of liver surgery were reviewed.

【Key words】 Hepatectomy; Minimally invasive surgery; Precision surgery; Enhanced recovery after surgery (ERAS); Three-dimensional visualization; Laparoscopic hepatectomy; Robotic hepatectomy

肝细胞癌(HCC)是最常见的原发性肝癌。根据《2020年全球癌症发病率、死亡率和患病率报告》^[1],它是全球第六大常见癌症,也是癌症相关死亡的第三大常见原因。目前,HCC多采用以手术治疗为主的综合疗法。自1888年Langenbuch成功实施肝切除术以来,肝脏手术得到了巨大的发展,经历了楔形肝切除、规则性肝叶切除、不规则局部切除、解剖性肝段切除等发展阶段^[2]。在过去的一个多世纪里,肝切除术的安全性和手术效果得到了显著提高,手术适应证从肝癌逐渐扩展到肝内胆管结石、肝外伤和肝脓肿良性疾病。然而,即使经过上百年发展,肝脏外科手术对于外科医师仍然是一个挑战,其原因在于肝脏复杂的胆道和血管的解剖结构,尤其在肝Ⅶ、Ⅷ及尾状叶的肝切除术中。

随着社会发展和人们生活水平的提高,对医疗质量的要求正不断提高,传统医学理念已跟不上时代的步伐。近些年来,“微创”和“精准”理念越来越深入人心。微创手术拥有减轻术后疼痛、减少手术创伤、缩短住院时间并利于快速康复等方面优点,已成为当代外科发展的主旋律,而机器人手术的问世则开启了微创手术的新篇章,以腹腔镜和机器人手术为代表的微创手术已成为肝脏外科最重要的治疗手段。2006年董家鸿教授等首次提出了“精准肝切除”理念,并将之扩展推广,形成“精准外科”范式^[3]。精准外科理念和范式的产生,标志着外科学在经历了直觉外科和经验外科发展阶段,已经进入精准外科时代。加速康复外科(ERAS)以循证医学证据为基础,通过外科、麻醉、护理、营养等多科室协作,对涉及围手术期处理的临床路径予以优化,通过缓解患者围手术期各种应激反应,达到减少术后并发症、缩短住院时间及促进康复的目的^[4]。ERAS作为前沿的围手术期理念,已经在各个外科领

域蓬勃发展,随着精准微创肝脏外科概念的深入人心,我们发现以此为基础的肝脏手术开展ERAS管理可以达到加速康复的效果,ERAS理念及路径在肝胆外科得到了越来越广泛的应用^[5]。随着数字时代的临近,肝切除术正在经历第三次生命科学革命,以三维可视化^[6]、3D打印^[7]、荧光影像^[8]、虚拟现实(virtual reality, VR)^[9]、增强现实(augmented reality, AR)^[10]、混合现实(mixed reality, MR)等为代表的数字智能化技术推动了外科手术的智能化、精准化、微创化发展^[11],本文就近年来肝脏外科治疗理念的变迁和技术进步作一总结。

一、以腹腔镜和机器人手术为代表的微创手术已成为肝脏外科最重要的治疗手段

自1991年Reich等^[12]报道第一例腹腔镜肝切除术(laparoscopic hepatectomy, LH)以来,这项技术在全球范围获得了广泛关注和实践。1994年国内周伟平等^[13]首先报道LH,1996年Azagra等^[14]报道了腹腔镜解剖性肝切除(anatomic hepatectomy, AH),随着器械和技术的不断进步,LH的安全性和有效性得到了广泛验证^[15]。大批肝胆外科医师投身这项技术的研究,2008年初步形成了腹腔镜肝切除Louisville共识^[16],2014年胜冈世界腹腔镜肝切除大会共识将手术的适应证进一步拓宽^[17]。2013年中国制定了第一部《腹腔镜肝切除术专家共识和手术操作指南》^[18]。经过近20年的发展,我国LH经历了早期探索、快速发展及推广阶段^[19]。

随着各种微创切肝器械的普及和应用,LH的成功率得到明显提高,手术时间大大缩短,术后并发症也相对减少。而更为先进的机器人手术系统以其特有的优势,使术者的视野更立体化,这不仅提高了术者术中操作的稳定性,还大大降低了手术风险和难度^[20]。同时,随着LH技术的逐渐成熟及

流程的标准化,手术的安全性也更有保障^[21,22]。手术适应证的选择已从传统的肝脏表浅位置的小肿瘤局部切除,发展到腹腔镜下肝左外叶切除、左半肝切除、右后叶切除、肝尾状叶切除、扩大右半肝切除、精准肝段切除,甚至肝门部胆管癌的根治性切除等。对比 LH 与传统开腹肝切除术的安全性发现,两者差异无统计学意义^[23]。Nguyen 等^[24]对 2 804 例行 LH 的患者进行研究发现,无术中死亡患者,且术后患者的病死率仅为 0.3%,而传统开腹肝切除术患者的病死率 <10%,表明 LH 较传统开腹肝切除术对人体免疫功能的损害小,从而有利于肝恶性肿瘤患者术后的恢复。

尽管腹腔镜手术具有减少手术创伤、扩大手术视野等方面的优势,但也存在三维空间、操作角度和人体力学等方面的缺陷。自 2000 年美国 FDA 批准机器人技术应用人类外科手术开始,机器人手术的应用进一步提高了腹腔镜微创手术的优势。2003 年 Giulianotti 等^[25]首次报道机器人肝切除术(robotic hepatectomy, RH)。经过近 20 年的快速发展,RH 已成为具备安全性、有效性、可行性的肝脏微创技术,近年来逐渐被肝脏外科医师接受并认可。相比于腹腔镜手术,机器人手术拥有 3D 高清立体视野,进一步减少术中误伤;腕式机器人器械能够在 360° 平面上进行更灵巧、细致和精确的运动,大大提高主刀医师在狭窄腔隙内手术操作的灵活度及操控范围,有助于高效缝合与吻合,在结构重建的同时,缩短手术时间;机器人操作臂相较腹腔镜操作臂更加稳定,避免人为操作时手部的不稳定性,并且降低术者长时间站立、反复旋转身体的体力负荷,更适用于肝胆胰外科的大型手术。Chong 等^[26]的研究显示,与 LH 相比,RH 与较低的开放转化率(17.1% 比 8.6%)和较短的术后住院时间(平均 9.94 d 比 9.11 d)相关($P<0.05$)。一项 Meta 分析显示^[27],与 LH 相比,RH 手术时间较长,常用于直径较大肿瘤及右肝切除,并且开放手术率低($P<0.05$)。Ziogas 等^[28]研究显示,接受 RH 的患者和接受 LH 的患者在肝切除术后表现出相似的术后结局。这些研究表明,RH 在保证手术质量的同时,能够缩短手术时间和降低中转开腹率。然而,大多数 Meta 分析显示^[29,30],RH 存在手术费用高的缺点。但是随着国产机器人的普及和同行业的竞争加大,我们相信这种缺点将逐渐弱

化。以腹腔镜和机器人手术为代表的微创手术现已成为肝脏外科最重要的治疗手段。而随着科技的发展,比腹腔镜与机器人等更具优势的微创器械将会出现,进一步推进微创肝脏外科的进步。

二、精准外科理念结合现代科技手段与传统医学方法对外科实践进行系统优化

在传统经验医学领域内,由于疾病原因的相对不确定性,患者的诊断和治疗方法也是相对不明确的,对手术的风险难以进行有效评估,对治疗的结果也难以控制,会造成患者对治疗效果的不满意,同时也造成医疗资源的巨大浪费。随着科技的不断发展,包括影像学、数字化技术、人工智能等新技术的兴起,外科实践由不确定性走向相对确定性。

“精准肝切除”理念内涵是立足于手术安全性、治疗有效性、干预微创化和合理效费比四个维度的交集上,追求最小的创伤和最大的脏器保护获得最佳治疗效果,从而实现外科实践最优化和患者获益最大化的终极目标。

精准外科理念和技术适用于所有肝脏外科的良恶性占位疾病,并贯穿术前评估、手术规划、手术操作和术后管理等外科治疗全过程^[31]。借助先进的 VR、AR、MR、可视化技术和人工智能导航等,可以实现准确手术的确定性和可预测性,精确评估病灶的物理边界和解剖结构,实时确定病变的位置和边界,提升病灶切除的精准性。这些技术的应用提高了肝脏外科医师对肝脏解剖的认知,推动了 AH 的发展,按肝内血管及胆管走行结构实施精准的 AH 是精准肝脏外科的重要手段之一。自 1982 年 Bismuth 首次报道了进行肝段的原始病灶的完全切除以来,关于 AH 的肿瘤学获益方面是否优于非解剖性肝切除(non-anatomical hepatectomy, NAH)一直是领域内讨论的热点。Liao 等^[32]实施的一项前瞻性随机对照研究显示,腹腔镜 AH 组的 5 年无病生存期(disease-free survival, DFS)高于腹腔镜 NAH(33.9% 比 30.1%, $P=0.009$),两组之间的 5 年总体生存期(OS)(43.2% 比 35.2%, $P=0.054$)未观察到显著差异。在 Minagawa 等^[33]实施的另外一项研究显示,AH 组的 5 年无复发生存期(RFS)优于 NAH(62% 对 35%, $P=0.005$),两组之间的 5 年 OS 没有差异(72% 比 78%, $P=0.666$)。关于 AH 的肿瘤学获益仍需要更多研究证实。在手术中,不仅要求在追求病灶彻底清除的同时,还要注重保

护重要脏器的残余功能和结构完整。此外,在肝脏外科中,倡导对肝脏储备功能和肝实质体积进行精确量化评估,以最小创伤侵袭为患者创造最理想的治疗效果,借助微创、内镜和机器人等微创技术,减少手术对患者的创伤。

通过三维可视化技术、3D 打印技术可以精确评估肝脏病灶的侵袭位置和范围、累及的肝内重要的胆道和血管以及肝储备功能,为明确肝切除的适应证、禁忌证、手术规划和术中及术后可能出现的突发情况的处理提供依据。Zhang 等^[34]通过三维可视化技术进行病灶定位探讨精准肝切除术治疗原发性肝癌的安全性和有效性,研究组并发症发生率、复发率和病死率均显著低于对照组($P<0.05$)。Yao 等^[35]探究 3D 打印模型能否降低腹腔镜肝胆手术的并发症的发生,结果显示 3D 组术中失血量较低,术后 30 天的主要并发症发生率较低,尤其是术后胆漏(均 $P<0.05$)。通过术中超声、荧光、数字导航系统等精准定位病灶和标记肝切除范围,采用微创方法离断肝实质并有效控制出血,实现肿瘤的 R0 切除和最大限度减少正常肝脏组织损伤的目标。曾广斌^[36]探讨腹腔镜超声下左半肝切除术治疗原发性肝癌患者的临床效果,结果显示试验组术中出血、治疗后 1 个月的 AST、AFP、ALT 水平及术后并发症发生率均低于对照组($P<0.05$)。Wang 等^[37]报道了一项对荧光腹腔镜引导下的精确肝切除术的安全性和有效性的系统评价,与常规腹腔镜检查组相比,荧光腹腔镜组的 R0 切除率较高($P=0.006$),输血率较低($P=0.04$),失血量较低($P=0.002$)。Nazir 等^[38]报道了一种新的搜索和标记系统,该系统可以识别腹腔镜肝脏手术中的各种解剖标志。精良的术后管理包含了以保护残余肝脏功能为重点的 ERAS 理念,特别对于一些接受极限肝切除术的患者,应予以更加严密的监护治疗,维持患者机体内环境稳态,避免任何损伤残余肝脏的治疗措施,促进剩余肝脏功能的代偿、恢复和再生。Huang 等^[39]的研究发现 ERAS 可以加速胃肠功能恢复,减轻术后疼痛和术后并发症,缩短肝切除术原发性肝癌患者的术后住院时间。精准外科理念结合现代科技手段与传统医学方法,制定个性化的治疗方案,包括手术方式、切除范围、治疗策略等。打破学科间的壁垒,建立 MDT 制度,整合各学科的资源 and 优势,为患者提供最优

化的治疗方案。

三、ERAS 促进多学科团队的协作,提高了肝脏外科手术的安全性

肝脏外科手术创伤较大,预防术后并发症发生的围手术期管理是重要环节,因此在围手术期对患者实施相应的干预具有重要意义。ERAS 首先是由丹麦外科医师 Kehlet^[40]提出,之后便在外科营养管理、结直肠手术患者围手术期护理等领域广泛开展。其主要内容包括围手术期护理、营养支持、心理干预、最佳术后镇痛技术等优化的围手术期措施^[41]。在过去的二十年中,国内外均有研究报道 ERAS 理念在胃、结直肠和肝脏疾病手术中均是安全有效的^[42-44]。Fujio 等^[45]报道了 ERAS 模式下肝切除术治疗原发性肝癌可加速患者术后恢复、减少术后并发症、减少术后住院时间。Liang 等^[46]报道了 LH 治疗 HCC 时,应用 ERAS 理念管理的患者术后住院时间和并发症均减少。在国内外专家不断实践创新与推广下,微创外科理念和精准外科理念已被广泛应用于临床。以减少应激反应为核心的 ERAS 理念和以减少创伤的微创和精准理念本质目的是相同的,都是为了减少患者应激反应,减少患者围手术期损伤,加快术后机体功能的康复。因此,三者的结合对于肝切除患者围手术期的管理具有很大的应用意义。ERAS 通常以多学科合作的形式进行,包括手术、麻醉、护理和围手术期管理等,以确保患者在围手术期的安全性和有效性。以往的研究证明,MDT 是 ERAS 的重要保障,建立以患者为中心的 MDT 是 ERAS 发展的必然趋势^[47]。

四、以三维可视化技术为代表的数字化技术推动肝脏外科领域的诊疗技术革新

随着科学技术发展,以三维可视化^[48]、3D 打印^[35]、荧光影像^[37]、VR^[49]、AR 等为代表的数字智能化技术对传统医学的发展产生了深远而重要的影响^[50]。以人工智能、数字化医疗、精准医疗为代表的医疗理论和技术创新正悄悄改变着微创肝脏外科的临床诊疗模式,并在优化手术质量、提高医疗教育的效率、改善医患关系、发展偏远地区远程医疗等问题上发挥重要作用。同时数字智能化强大的数据整合和处理能力在医学研究方面也发挥着不可替代的作用,不仅提供更加高效、创新的技术支持,也为临床研究创造了更多机会和可能。

长期以来,外科医师在临床一直面临着复杂的

解剖结构的挑战。随着医学成像技术的发展,诸如多探测器计算机断层扫描和 MRI 等工具的出现使得影像学诊断的侵入性更小,信息更丰富。这些工具提供了高分辨率的二维图像,但在精确描绘复杂图像的能力上受到限制。虽然三维重建图像可以很好地显示重要肝脏血管、胆管结构和肝实质以及周围组织之间的三维关系,但二维计算机屏幕上的三维图像仍然缺乏真实性,观察角度的不同将影响术中定位,并且术中使用三维图像指导手术仍然很困难。三维可视化技术赋能精准诊疗,通过 AI 分割算法、血流域分析器官分段算法对原始的 CT 或 MRI 等影像设备数据进行后处理,使之形成立体的透明化人体组织结构。处理后的三维图像可清晰显示血管、胆道、占位以及占位与组织间的关系,为临床治疗提供风险评估、量化分析、手术模拟^[11-13],从而制定最佳手术方案,降低手术风险和病死率,实现精准医疗。此外,三维立体图像有助于充分了解肿瘤与毗邻结构关系,精确评估肿瘤可切除性,对于肿瘤根治性手术有着指导意义。Zeng 等^[48]探究三维可视化技术是否可以改善 HCC 患者的短期和长期预后,与 2D 组相比,3D 组的手术时间更短,肝衰竭发生率更低,术后住院时间也更短,RFS 更长。Zhang 等^[51]的研究显示三维可视化在评估肝门胆管癌可切除性方面的准确性高,并提出了新的肝门部胆管癌分型。

除了三维可视化技术,3D 打印、荧光影像、VR、AR 等技术在不同程度上推动了肝脏外科领域的技术革新。3D 打印目前已被用于医学教育、手术模拟、肝切除术和肝移植^[52],3D 生物打印成为研究热点。Huber 等^[53]通过 CT/MRI 及血管成像建立 3D 打印模型,已成功实施了 10 例复杂肝脏手术。术中通过旋转、拆分、重组实时调整 3D 打印模型,有利于了解关键部位的解剖位置、肝脏血管结构,有利于减少手术时间和术后并发症。荧光技术不仅可以准确识别肿瘤,还可以进行实时导航以确保肿瘤完全切除。Liu 等^[54]的研究显示术中荧光导航的解剖性肝切除率、R0 切除率均高于常规组,术中失血量低于常规组并且荧光组的 RFS 和 OS 均优于常规组。AR 与 VR 同样在手术规划与术中导航中得到广泛应用。成功等^[55]探讨 VR 在肝脏外科术前计划制定中的应用价值,认为 VR 能精准可靠完成肝脏外科术前评估。此外,Yang 等^[49]的

研究证实 VR 用于术前宣教时,可以降低接受肝切除术的 HCC 患者的焦虑。Zhu 等^[50]研究显示增强现实联合荧光导航行肝切除术可减少术中出血,缩短术后住院时间,降低术后并发症发生率。

五、结语

科技的发展和时代的变迁推动着医疗领域技术的革新和理念的进步,微创和精准是当下肝脏外科领域的主题,ERAS 理念是肝脏外科围手术期管理的重要手段。未来,三维可视化等数字化技术在肝脏疾病的术前诊断、评估和术中导航中将起到越来越重要的作用,并且将会有更加先进和精准的诊断和定位技术应用于肝脏外科领域,在此基础上,外科手术将朝着更加“微创化”和“精准化”方向发展。

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. DOI: 10.3322/caac.21660.
- [2] Niu X, Liu J, Feng Z, et al. Short-term efficacy of precise hepatectomy and traditional hepatectomy for primary liver cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. J Gastrointest Oncol, 2021, 12(6): 3022-3032. DOI: 10.21037/jgo-21-735.
- [3] 董家鸿, 叶晟. 开启精准肝胆外科的新时代[J/OL]. 中华普外科手术学杂志(电子版), 2016, 10(3): 181-184. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3946.2016.03.001.
- [4] Dong JH, Ye S. To start a new era of precision hepatobiliary surgery[J/OL]. Chin J Oper Proced Gen Surg (Electron Ed), 2016, 10(3): 181-184. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3946.2016.03.001.
- [5] Joliat GR, Kobayashi K, Hasegawa K, et al. Guidelines for perioperative care for liver surgery: enhanced recovery after surgery (ERAS) society recommendations 2022[J]. World J Surg, 2023, 47(1): 11-34. DOI: 10.1007/s00268-022-06732-5.
- [6] 陈亚进. ERAS理念与精准微创肝切除[J]. 中华医学信息导报, 2021, 36(22): 15. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-8039.2021.22.127.
- [7] Liu Y, Wang Q, Du B, et al. A meta-analysis of the three-dimensional reconstruction visualization technology for hepatectomy[J]. Asian J Surg, 2023, 46(2): 669-676. DOI: 10.1016/j.asjsur.2022.07.006.
- [8] Wang JZ, Xiong NY, Zhao LZ, et al. Review fantastic medical implications of 3D-printing in liver surgeries, liver regeneration, liver transplantation and drug hepatotoxicity testing: a review[J]. Int J Surg, 2018, 56: 1-6. DOI: 10.1016/j.ijssu.2018.06.004.
- [9] Potharazu AV, Gangemi A. Indocyanine green (ICG) fluorescence in robotic hepatobiliary surgery: a systematic review[J]. Int J Med Robot, 2023, 19(1): e2485. DOI: 10.1002/rcs.2485.
- [10] Lang H, Huber T. Virtual and augmented reality in liver surgery[J]. Ann Surg, 2020, 271(1): e8. DOI: 10.1097/SLA.0000000000003601.

- [10] Wu X, Wang D, Xiang N, et al. Augmented reality-assisted navigation system contributes to better intraoperative and short-time outcomes of laparoscopic pancreaticoduodenectomy: a retrospective cohort study[J]. *Int J Surg*, 2023, 109(9): 2598-2607. DOI: 10.1097/JS9.000000000000536.
- [11] 李映安, 晋云, 储心响, 等. 混合现实技术在腹腔镜肝切除术中导航的应用[J/OL]. *中华肝脏外科手术学电子杂志*, 2023, 12(4): 401-406. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2023.04.008.
Li YA, Jin Y, Chu XY, et al. Application of mixed reality technology in navigation of laparoscopic hepatectomy[J/OL]. *Chin J Hepat Surg (Electronic Edition)*, 2023, 12(4): 401-406. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2023.04.008.
- [12] Reich H, McGlynn F, DeCaprio J, et al. Laparoscopic excision of benign liver lesions[J]. *Obstet Gynecol*, 1991, 78(5 Pt 2): 956-958.
- [13] 周伟平, 孙志宏, 吴孟超, 等. 经腹腔镜肝叶切除首例报道[J]. *肝胆外科杂志*, 1994, 2(2): 82.
- [14] Azagra JS, Goergen M, Gilbert E, et al. Laparoscopic anatomical (hepatic) left lateral segmentectomy-technical aspects[J]. *Surg Endosc*, 1996, 10(7): 758-761. DOI: 10.1007/BF00193052.
- [15] 林融风, 华永飞, 陆才德. 腹腔镜肝切除中转危险因素的研究进展[J]. *中华普通外科杂志*, 2020, 35(7): 590-592. DOI: 10.3760/cma.j.cn11385520191211-00733.
- [16] 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. DOI: 10.1097/sla.0b013e3181b3b2d8.
- [17] 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. DOI: 10.1097/SLA.0000000000001184.
- [18] 中华医学会外科学分会肝脏外科学组. 腹腔镜肝切除术专家共识和手术操作指南(2013版)[J]. *中华外科杂志*, 2013, 51(4): 289-292. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2013.03.001.
Hepatic Surgery Group of Surgery Branch of Chinese Medical Association. Expert consensus on laparoscopic hepatectomy and guideline for operative procedure (2013 edition)[J]. *Chin J Surg*, 2013, 51(4): 289-292. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2013.03.001.
- [19] 尹新民, 朱鹏, 张万广, 等. 腹腔镜肝切除术专家共识(2013版)[J]. *中国肿瘤临床*, 2013, 40(6): 303-307. DOI: 10.3969/j.issn.1000-8179.2013.06.001.
- [20] 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. DOI: 10.1001/jamasurg.2022.5697.
- [21] Dai YS, Gao W, Hu HJ, et al. Laparoscopic left hepatectomy for intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. *Ann Surg Oncol*, 2024, 31(5): 3059-3061. DOI: 10.1245/s10434-024-14905-w.
- [22] Fichtinger RS, Aldrighetti LA, Abu Hilal M, et al. Laparoscopic versus open hemihepatectomy: the ORANGE II PLUS multicenter randomized controlled trial[J]. *J Clin Oncol*, 2024, 42(15): 1799-1809. DOI: 10.1200/JCO.23.01019.
- [23] Nam YY, Hong SK, Hong SY, et al. Pure laparoscopic vs open right hepatectomy in patients with hepatocellular carcinoma: a propensity score-matched analysis[J]. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*, 2023, 30(3): 293-302. DOI: 10.1002/jhbp.1232.
- [24] Nguyen KT, Gamblin TC, Geller DA. World review of laparoscopic liver resection-2, 804 patients[J]. *Ann Surg*, 2009, 250(5): 831-841. DOI: 10.1097/SLA.0b013e3181b0c4df.
- [25] 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. DOI: 10.1001/archsurg.138.7.777.
- [26] Chong CC, Fuks D, Lee KF, et al. Propensity score-matched analysis comparing robotic and laparoscopic right and extended right hepatectomy[J]. *JAMA Surg*, 2022, 157(5): 436-444. DOI: 10.1001/jamasurg.2022.0161.
- [27] Hu Y, Guo K, Xu J, et al. Robotic versus laparoscopic hepatectomy for malignancy: a systematic review and meta-analysis[J]. *Asian J Surg*, 2021, 44(4): 615-628. DOI: 10.1016/j.asjsur.2020.12.016.
- [28] Ziogas IA, Giannis D, Esagian SM, et al. Laparoscopic versus robotic major hepatectomy: a systematic review and meta-analysis[J]. *Surg Endosc*, 2021, 35(2): 524-535. DOI: 10.1007/s00464-020-08008-2.
- [29] 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. DOI: 10.1371/journal.pone.0240593.
- [30] Goh BK, Lee SY, Chan CY, et al. Early experience with robot-assisted laparoscopic hepatobiliary and pancreatic surgery in Singapore: single-institution experience with 20 consecutive patients[J]. *Singapore Med J*, 2018, 59(3): 133-138. DOI: 10.11622/smedj.2017092.
- [31] 杨世忠, 冯晓彬, 董家鸿. 精准外科理念指导下的肝癌外科治疗[J]. *精准医学杂志*, 2018, 33(3): 189-192, 196. DOI: 10.13362/j.jpmed.201803001.
- [32] Liao K, Yang K, Cao L, et al. Laparoscopic anatomical versus non-anatomical hepatectomy in the treatment of hepatocellular carcinoma: a randomised controlled trial[J]. *Int J Surg*, 2022, 102: 106652. DOI: 10.1016/j.ijsu.2022.106652.
- [33] Minagawa M, Mise Y, Omichi K, et al. Anatomic resection for hepatocellular carcinoma: prognostic impact assessed from recurrence treatment[J]. *Ann Surg Oncol*, 2022, 29(2): 913-921. DOI: 10.1245/s10434-021-10380-9.
- [34] Zhang J, Zhang P, Cao J. Safety and efficacy of precision hepatectomy in the treatment of primary liver cancer[J]. *BMC Surg*, 2023, 23(1): 241. DOI: 10.1186/s12893-023-02148-7.
- [35] Yao WF, Huang XK, Fu TW, et al. Precise planning based on 3D-printed dry-laboratory models can reduce perioperative complications of laparoscopic surgery for complex hepatobiliary diseases: a preoperative cohort study[J]. *BMC Surg*, 2024, 24(1): 148. DOI: 10.1186/s12893-024-02441-z.
- [36] 曾广斌. 腹腔镜超声下左半肝切除术治疗原发性肝癌患者的临床效果[J]. *医疗装备*, 2023, 36(22): 78-80. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2376.2023.22.024.
- [37] Wang J, Xu Y, Zhang Y, et al. Safety and effectiveness of fluorescence laparoscopy in precise hepatectomy: a meta-

- analysis[J]. Photodiagnosis Photodyn Ther, 2023, 42: 103599. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2023.103599.
- [38] Nazir A, Cheema MN, Sheng B, et al. SPST-CNN: spatial pyramid based searching and tagging of liver's intraoperative live views via CNN for minimal invasive surgery[J]. J Biomed Inform, 2020, 106: 103430. DOI: 10.1016/j.jbi.2020.103430.
- [39] Huang H, Zhou P, Li J, et al. Enhanced recovery after surgery in primary liver cancer patients undergoing hepatectomy: experience from a large tertiary hospital in China[J]. BMC Surg, 2023, 23(1): 185. DOI: 10.1186/s12893-023-02040-4.
- [40] Kehlet H. Multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation[J]. Br J Anaesth, 1997, 78(5): 606-617. DOI: 10.1093/bja/78.5.606.
- [41] Melloul E, Hübner M, Scott M, et al. Guidelines for perioperative care for liver surgery: enhanced recovery after surgery (ERAS) society recommendations[J]. World J Surg, 2016, 40(10): 2425-2440. DOI: 10.1007/s00268-016-3700-1.
- [42] Hu Y, Hsu AW, Strong VE. Enhanced recovery after major gastrectomy for cancer[J]. Ann Surg Oncol, 2021, 28(12): 6947-6954. DOI: 10.1245/s10434-021-09906-y.
- [43] Li N, Liu Y, Chen H, et al. Efficacy and safety of enhanced recovery after surgery pathway in minimally invasive colorectal cancer surgery: a systemic review and meta-analysis[J]. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 2023, 33(2): 177-187. DOI: 10.1089/lap.2022.0349.
- [44] Reyes MP, Pérez BS, González CS, et al. Implementation of an ERAS protocol on cirrhotic patients in liver resection: a cohort study[J]. Updates Surg, 2024, 76(3): 889-897. DOI: 10.1007/s13304-024-01769-8.
- [45] Fujio A, Miyagi S, Tokodai K, et al. Effects of a new perioperative enhanced recovery after surgery protocol in hepatectomy for hepatocellular carcinoma[J]. Surg Today, 2020, 50(6): 615-622. DOI: 10.1007/s00595-019-01930-6.
- [46] Liang X, Ying H, Wang H, et al. Enhanced recovery care versus traditional care after laparoscopic liver resections: a randomized controlled trial[J]. Surg Endosc, 2018, 32(6): 2746-2757. DOI: 10.1007/s00464-017-5973-3.
- [47] Ljungqvist O, Scott M, Fearon KC. Enhanced recovery after surgery: a review[J]. JAMA Surg, 2017, 152(3): 292-298. DOI: 10.1001/jamasurg.2016.4952.
- [48] Zeng X, Tao H, Dong Y, et al. Impact of three-dimensional reconstruction visualization technology on short-term and long-term outcomes after hepatectomy in patients with hepatocellular carcinoma: a propensity-score-matched and inverse probability of treatment-weighted multicenter study[J]. Int J Surg, 2024, 110(3): 1663-1676. DOI: 10.1097/JS9.0000000000001047.
- [49] Yang J, Rhu J, Lim S, et al. Impact of virtual reality education on disease-specific knowledge and anxiety for hepatocellular carcinoma patient scheduled for liver resection: a randomized controlled study[J]. Int J Surg, 2024, 110(5): 2810-2817. DOI: 10.1097/JS9.0000000000001197.
- [50] Zhu W, Zeng X, Hu H, et al. Perioperative and disease-free survival outcomes after hepatectomy for centrally located hepatocellular carcinoma guided by augmented reality and indocyanine green fluorescence imaging: a single-center experience[J]. J Am Coll Surg, 2023, 236(2): 328-337. DOI: 10.1097/XCS.0000000000000472.
- [51] Zhang JZ, Yang CX, Gao S, et al. Three-dimensional visualization and evaluation of hilar cholangiocarcinoma resectability and proposal of a new classification[J]. World J Surg Oncol, 2023, 21(1): 239. DOI: 10.1186/s12957-023-03126-2.
- [52] 袁文康, 张超. 三维打印在肝胆胰外科领域的研究及进展[J]. 中华肝胆外科杂志, 2023, 29(2): 148-151. DOI: 10.3760/cma.j.cn113884-20220810-00328.
- Yuan WK, Zhang C. Research and progress of three-dimensional printing in the field of hepatopancreatobiliary surgery[J]. Chin J Hepatobiliary Surg, 2023, 29(2): 148-151. DOI: 10.3760/cma.j.cn113884-20220810-00328.
- [53] Huber T, Huettl F, Tripke V, et al. Experiences with three-dimensional printing in complex liver surgery[J]. Ann Surg, 2021, 273(1): e26-e27. DOI: 10.1097/SLA.0000000000004348.
- [54] Liu F, Wang H, Ma W, et al. Short-and long-term outcomes of indocyanine green fluorescence navigation-versus conventional-laparoscopic hepatectomy for hepatocellular carcinoma: a propensity score-matched, retrospective, cohort study[J]. Ann Surg Oncol, 2023, 30(4): 1991-2002. DOI: 10.1245/s10434-022-13027-5.
- [55] 成功, 王遯遯, 阮一, 等. 虚拟现实技术在肝脏外科手术前计划制定中的应用[J]. 现代实用医学, 2022, 34(2): 160-162. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0800.2022.02.008.

(收稿日期:2025-04-20)

(本文编辑:杨江瑜)