



困难胰腺微创手术的临床实践与质量控制策略*

李静文¹, 吴仲^{1,2,3}, 彭兵^{1,2,3△}

1. 四川大学华西临床医学院(成都 610041); 2. 四川大学华西医院 普外科 胰腺外科病房(成都 610041);

3. 四川大学华西医院 成都上锦南府医院 普外一病房(成都 611743)

【摘要】 随着微创理念的不断深入发展,胰腺外科正逐步迈向微创化的转型方向。相比传统开腹手术,微创手术具有创伤小、恢复快、并发症少等优势。然而,由于胰腺解剖结构复杂、手术操作难度大,其微创手术的推广依然面临诸多技术挑战。目前,腹腔镜胰十二指肠切除术主要在具备成熟团队和丰富经验的大型专科中心开展,其高难度和高风险特性使得“如何降低术中风险、减少术后并发症”仍为当前研究关注的重点与难点。本文将以困难胰腺微创手术中风险控制与术后并发症管理为核心,全面回顾近年来国内外的研究进展,系统梳理在术前评估、术中操作、并发症防控、质量管理及技术创新等方面的最新成果。并进一步探讨胰腺微创外科在技术提升、学科建设、术式规范化及多中心协作等方面的发展潜力,旨在推动该领域向更规范化、个体化和智能化的方向持续迈进,最终惠及更多胰腺疾病患者。

【关键词】 腹腔镜 微创 胰腺手术 腹腔镜胰十二指肠切除术 综述

Clinical Practice and Quality Control Strategies for Complex Minimally Invasive Pancreatic Surgery

LI Jingwen¹, WU Zhong^{1,2,3}, PENG Bing^{1,2,3△}. 1. West China School of Clinical Medicine, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 2. Division of Pancreatic Surgery, Department of General Surgery, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 3. Department of Minimal Invasive Surgery, Shang Jin Hospital of West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 611743, China

△ Corresponding author, E-mail: pengbhx@scu.edu.cn

【Abstract】 With continuous advancements in the concepts of minimally invasive surgery, pancreatic surgery is gradually undergoing a transformative shift toward minimally invasive approaches. Compared with traditional open surgeries, minimally invasive procedures offer advantages such as reduced trauma, faster recovery, and fewer complications. However, due to the complex anatomical structure of the pancreas and the technical difficulties of surgical procedures, the widespread adoption of minimally invasive pancreatic surgery still faces numerous technical challenges. Currently, laparoscopic pancreaticoduodenectomy (LPD) is primarily performed in large, specialized centers with experienced teams and well-established systems. Given the high technical complexity and associated risks, reducing intraoperative risks and minimizing postoperative complications remain key focuses and major challenges in current research. This review is focused on intraoperative risk control and postoperative complication management in complex minimally invasive pancreatic surgery. We conducted a comprehensive review of recent advances in China and abroad, covering the latest progress in preoperative assessment, intraoperative procedures, complication prevention, quality management, and technological innovation. Furthermore, we discussed potential development directions in minimally invasive pancreatic surgery, including technical refinement, discipline development, procedural standardization, and multi-center collaboration. Our goal is to promote a continued progress toward more standardized, personalized, and intelligent surgical practices—ultimately benefiting a broader population of patients with pancreatic diseases.

【Key words】 Laparoscope Minimally invasive Pancreatic surgery Laparoscopic pancreaticoduodenectomy Review

外科手术的专科化与微创化已成为现代外科发展的重要方向。相较于传统手术,微创手术凭借创伤小、术后恢复快、并发症少等优势,已在各类外科手术中得到广泛应用。然而,胰腺因其解剖位置深在、毗邻重要血管与器官等原因,其微创手术的发展显著滞后于其他腹腔脏器^[1]。

近年来,随着手术器械革新、影像导航技术升级以及围术期管理体系的完善,胰腺手术实现了从传统开腹向微创范式的跨越式转型。腹腔镜胰十二指肠切除术(laparoscopic pancreaticoduodenectomy, LPD)作为目前公认的困难胰腺微创术式,代表了胰腺微创外科技术发展的高峰。现有循证医学证据表明,在高容量医疗中心,LPD可以在保证肿瘤学安全性的基础上兼顾微创治疗优势^[2-3]。随着LPD在大中心的快速普及,如何在推广过

* 四川省科技厅面上项目(No. NSFSC0734)资助

△ 通信作者, E-mail: pengbhx@scu.edu.cn

出版日期: 2025-07-20

程中进一步提高手术安全性,避免术后严重并发症,成为国内外研究的热点问题。围绕这一目标,国内多家高容量中心通过临床实践,在术者培训、术前评估、出血控制及吻合技术等方面积累了宝贵经验。本文系统梳理了LPD术中风险控制与术后并发症管理的最新进展,并展望未来技术发展方向,旨在为该领域的标准化发展和多中心合作提供理论参考与实践借鉴。

1 术前精准评估与标准手术流程

术前评估是保障LPD安全实施的关键基础,准确的术前评估能帮助术者实现更全面、直观的术前规划,从而有力提升LPD的操作安全性与可控性。主要包括可切除性评估与解剖结构评估。前者通过薄层增强CT、MRI等影像学手段,综合判断肿瘤是否存在远处转移、血管侵犯或邻近脏器受累;后者则聚焦于肝动脉、胰背动脉(dorsal pancreatic artery, DPA)等重要血管的解剖变异识别^[4]。近年来,三维可视化血管重建技术已在多家胰腺中心得到应用,通过对CT影像数据进行分割与动态仿真,可为术者立体呈现肿瘤与周围器官及血管的空间关系,有助于LPD安全性的提升^[5]。

LPD涉及复杂的手术解剖、精细的吻合技巧及多种血管重建,一直被视为普外科中最具挑战性的高难度手术,具有较长的学习曲线。2019年,全国16家高容量中心,对2010年至2016年间共1 029例LPD病例开展了多中心回顾性研究。研究结果显示,随着术者经验的不断积累,术中关键指标(如手术时间和失血量)均显著改善,并且学习曲线在约40例和104例处分别达到技术掌握和技术熟练的分界点。同时,手术量和腹腔镜经验的积累可显著降低并发症和手术失败的风险^[6]。近年来,国内众多团队围绕LPD的关键技术展开积极探索,主要聚焦于入路选择及胰肠吻合方式,陆续提出并推广了包括多种不同的动脉先行切除路径及多种胰肠吻合技术在内的创新突破^[7]。目前国内多个成熟开展LPD的中心已陆续建立起相对固定的标准化手术流程,以提升操作效率与手术安全性。如笔者团队的“双主刀顺时针”操作模式^[8]、刘亚辉等构建的“结肠后入路-钩突先行-动脉优先”路径^[9]、谭志健等倡导的“钩突先行”及“无接触、原位”切除方式^[10]、戴梦华提出的“十二指肠解螺旋”操作顺序^[11]、牟一平团队提出的“No back”和“Easy first”策略^[12]均在不同程度上实现了术中操作重心前移、关键血管早期暴露与保护,从而减少出血风险,缩短手术时间,提高手术安全性。这些路径设计的多样性体现了国内LPD技术的快速发展与个体化优化趋势,也为术中风险控制提供了可复制的参考

模型。

2 术中防止出血与避免中转开腹

术中出血是LPD中最具风险的并发症之一。失控性出血不仅显著增加术中中转开腹概率,也与术后胰瘘、感染、再手术等严重并发症密切相关。在手术中,最可能造成术中出血的步骤是钩突切除,其原因为腹腔镜下暴露困难,电外科器械副损伤造成的出血不易控制。笔者中心认为控制血管是预防术中出血的有效方式,可通过优先离断钩突的主要供血动脉胃十二指肠动脉。按照从上而下的操作路径可离断另一供血动脉胰十二指肠下动脉实现对钩突血供的双阻断,进一步降低出血风险。助手应通过分别拉开肠系膜血管和胰头组织实现精准牵拉,尽可能创造最佳的手术视野和操作张力,根本解决暴露困难的问题。同时,也应注意在术前精准识别血管变异,如肝动脉、右肝动脉、胃十二指肠动脉(gastroduodenal artery, GDA)等动脉的变异较常见。临床实践表明三维重建辅助的CT影像可清晰呈现腹腔干及其分支结构,有助于术前设计安全入路与操作路径^[13]。在钩突及肠系膜根部等高风险区域,术中预先设置血管吊带,也可辅助牵引显露与快速压迫止血,已被多个中心广泛采纳为常规预防措施^[14]。此外,操作中应严格控制牵拉张力,使用能量器械时避免贴近血管壁作用,以防热损伤导致血管穿孔或迟发性出血。再次,一旦血管损伤发生,需迅速评估损伤程度并选择恰当的处理方式。轻度渗血可采用双极电凝或缝扎止血,若为重要血管撕裂或离断,应立即压迫止血并考虑血管重建。

在LPD过程中,由于腹腔镜下止血难度大、肿瘤体积大或腹腔粘连严重及视野受限等因素,有时需中转传统开腹手术。虽然中转可保障患者安全,但是也会导致切口延长、术后疼痛加重及恢复时间延长,还可能增加术中及术后并发症的风险^[15]。结合笔者中心的临床经验,我们发现术前对血管受侵程度评估不足和操作者腹腔镜经验欠缺是导致转换的主要原因。因此,笔者中心建议术前结合肿瘤与血管关系,综合评估中转风险,并根据术者经验水平进行病例难度分级管理。通过评估术者既往完成的LPD例数匹配病例复杂度,在实践中已被证明可显著降低中转率,具有一定的推广价值^[16]。随着人工智能(artificial intelligence, AI)技术的发展,在出血识别上,利用AI技术在一定程度上可实现术中出血的自动识别^[17]。笔者团队利用AI技术,建立了可对LPD术中出血的实时识别的深度学习算法,同时该算法可实现针对完整的LPD手术视频,自动标记出血开始时刻点。从而有助于

帮助外科医生进行手术复盘。后期有望利用AI技术,实现LPD出血的预防和出血后更快止血的策略探索。

3 术后并发症防治与管理

LPD因术式复杂、吻合多、组织创伤重,术后并发症发生率较高,尤其以胰瘘(pancreatic fistula, POPF)、胃排空延迟(delayed gastric emptying, DGE)及术后出血最为常见。这些并发症不仅延长住院时间、增加再手术风险,甚至可影响长期预后与生存质量。因此,围绕关键并发症的风险识别、术式选择、术后干预已成为手术质量控制的核心内容。

POPF一直被认为是最具威胁的术后并发症,其发生与胰腺质地、胰管直径、吻合方式以及患者基础状态密切相关^[18]。国内一项研究显示,术前存在肌肉减少症的患者更易发生胰瘘及其他严重并发症,推荐在术前评估骨骼肌指数并对高危患者给予营养干预^[19]。尽管目前临床上已报道30余种胰肠吻合方式,但均无法完全杜绝POPF的发生。关于是否置入胰管支架的问题,国内外学者长期存在争议。有研究认为,内置支架可能引发导管移位、结石及吻合口狭窄等长期问题,而腹腔镜条件下相关随机证据较为缺乏^[20]。笔者中心开展了一项前瞻性随机对照试验,对比“无支架”与“内置支架”两种胰肠吻合方式。研究结果显示,两组POPF发生率无显著差异,虽然无支架组生化性POPF略高,但90 d死亡率、延迟胃排空、出血及再手术率等关键指标均相当,证实笔者中心采用无支架的“兵式胰肠吻合法”安全可行,并提出在吻合过程中暂置导管,吻合完成后即拔除的改良方案,以兼顾操作便利性与长期安全性^[21]。在此基础上,笔者中心还创新提出了一种不离断空肠的胰肠吻合方式——反 Ω 吻合术,适用于胰腺良性或低度恶性肿瘤切除后的消化道重建。该术式通过不离断空肠,将远端空肠襻翻转上提后与胰腺断端进行吻合,旨在保留消化道的结构与功能连续性,并为术后可能出现的并发症提供经内镜处理的途径。其临床价值与推广前景尚待进一步验证与总结。除了术中控制,术后高风险患者是否可通过药物进一步降低POPF风险亦是研究热点。一项多中心前瞻性随机对照研究纳入199例中危患者,结果显示:术后持续输注生长抑素可使C级胰瘘(CR-POPF)发生率从25%降至13%,且不增加胆瘘或腹腔感染风险,但DGE的发生率略有升高,提示对于中危患者,合理使用生长抑素可作为有效的术后干预措施。当POPF发展至C级时,早期识别与适当干预是改善预后的关键^[22]。国内一项涵盖9个中心、68例CR-POPF患者的回顾性研究显示,53例患者需行再

手术,其中胰外瘘造口术为最常用方式(37.7%),住院时间最短,显著优于胰肠再吻合、全胰切除等方式;研究还发现,术前若引流液持续高淀粉酶提示瘘口开放良好,患者术后恢复更佳,预后显著改善^[23]。

DGE发生率约为19%至57%,表现为持续胃潴留、胃管引流量多或无法恢复正常饮食^[24-25]。尽管DGE通常不直接危及患者生命,但其与口服进食延迟、住院时间延长及住院费用增加密切相关^[26]。一项回顾性研究认为,这一问题与术中迷走神经肝支损伤关系密切,保留此神经能使DGE发生率从46.6%下降至23.1%,提示其在术中应作为重点解剖保护结构加以识别和保留^[27]。除了神经保护,术后液体管理也对胃排空功能有显著影响。一项研究回顾了301例患者,当术后72 h内液体正平衡超过4 212 mL时,DGE、POPF及急性呼吸窘迫综合征等并发症的发生风险明显上升,且会延长住院时间,因此,术后24~72 h需密切监测平衡,适度限制液体摄入,可改善患者恢复过程^[28]。虽然已有研究探讨PD术后DGE的危险因素,但针对LPD术后DGE及继发性DGE的围手术期危险因素报道较少^[24,29-30]。基于此,笔者中心开展了一项纳入827例患者的单中心回顾性队列研究,系统评估了LPD后DGE及继发性DGE(sDGE)的相关危险因素^[31]。研究结果表明,术前胆道引流、术中出血量以及术后90 d内发生Dindo-Clavien评分 \geq III级主要并发症为DGE的独立危险因素,而较高的体质指数、较软的胰腺质地以及围手术期输血则为sDGE的独立危险因素。早期识别DGE及sDGE高风险患者,能为临床提供有针对性的干预措施,规避潜在风险,并指导更为明智的临床决策从而缩短围手术期管理时间。

术后出血多发生于吻合口、裸露血管区域或胰瘘继发腐蚀性破裂,起病急、进展快。治疗上,轻度出血可通过药物、胃管减压等手段控制,而大量出血则需DSA介入栓塞或二次手术止血。为降低出血风险,多数中心在术中已逐步建立血管保护体系。例如,在处理GDA残端等区域,利用肝圆韧带或大网膜包裹,形成隔离屏障,可有效防止胰液渗漏导致的动脉腐蚀和破裂。此外,吻合部位采用“黏膜对黏膜”技术缝合,也有助于增强稳定性、减少出血风险。

4 技术创新与精细化实践

随着LPD技术的不断成熟,国内众多高水平中心持续推动其在复杂病例中的应用边界和技术创新,力求在确保安全性和有效性的前提下,实现更精细化的发展。笔者中心报告了1例经过新辅助化疗后接受LPD手术切

除并行肠系膜上静脉切除及重建的病例,初步证明了这一技术在部分血管侵犯患者中具有可行性和应用前景^[32]。

作为腹腔镜技术的重要分支,单孔腹腔镜手术(single port laparoscopic surgery, SILS)已在普外科、妇科、泌尿科和胸外科等领域得到广泛应用。相较于传统的多孔腹腔镜手术,单孔腹腔镜胰十二指肠切除术(single port laparoscopic pancreaticoduodenectomy, SILPD)具有进一步降低套管相关并发症风险、减轻术后疼痛、加速康复等潜在优势。然而,由于其操作范围受限、器械易发生拥挤碰撞、出血控制困难及手术时间较长等原因,目前SILPD在LPD中的临床应用仍然有限,相关报道案例较少^[33]。笔者中心已有研究对单孔+1腹腔镜胰十二指肠切除术(SILPD+1)与传统LPD的短期疗效进行了对比,结果显示两者在术中出血量、中转率、术后肠道功能恢复及住院时长等方面无显著差异,提示在经验丰富、病例筛选严格的中心,SILPD+1可作为一种安全可行的选择,推动微创胰腺手术的多样化发展^[34]。

此外,对于伴大静脉侵犯的复杂胰腺肿瘤病例,需要进行LPD联合肠系膜上静脉/门静脉(superior mesenteric vein/portal vein, SMV/PV)切除和重建,操作难度较大。单孔+1腹腔镜手术(single port + 1 laparoscopic surgery, SILS+1)已被报道用于胰腺远端切除术,作为SILS的一种改良方案具有减少套管相关并发症、减轻术后疼痛、加速康复等优势^[35-36]。笔者中心成功完成两例SILS+1 LPD手术联合SMV/PV切除及重建手术,两例患者术中情况均良好,术后病理显示切缘均为阴性,并在12个月随访期间均无肿瘤复发。提示在充分筛选的患者群体中,该策略具有良好的安全性和短期效果,可能拓展微创手术在高复杂度病灶中的适应范围^[37]。

5 综合质量管理与预后优化

随着LPD逐步在全国范围内推广,手术技术本身的不断进步促使术后质量管理理念也在不断更新。传统评价指标如术中出血量、术后并发症发生率、住院时间、死亡率等,虽然在早期推广阶段起到了基础性参考作用,但由于受患者个体差异、中心经验差异等影响较大,已逐渐难以全面反映LPD在安全性、有效性与长期疗效上的综合表现^[38-39]。教科书结果(textbook outcome, TO)是一种由多个理想结果参数构成的综合性评价方法。这一理念最早应用于肝胆胰、胃肠、泌尿等高难度外科领域,近年来也被逐渐引入LPD质量评价体系^[40-41]。国内联合开展了一项回顾性队列研究,对2010年1月-2016年8月间在中国16个高容量胰腺中心实施LPD的1 029例连续患者进行

分析^[6]。研究结果显示,在1 029例患者中,68.9%的患者达到了TO,各中心的TO达标率在46.4%至85.0%之间。进一步多因素分析表明,胰管扩张、高龄和合并心血管疾病为实现TO的独立相关因素。在进行病例组合调整后,未观察到显著的医院间差异。此外,医院手术量、外科医生在开腹胰十二指肠切除术及微创手术方面的经验,以及是否顺利完成LPD学习曲线等因素均与预期TO比率显著相关。通过与表现较优的医院对比各项参数,可使各机构能够发现自身在LPD质量管理中的不足,并为进一步改进提供了依据。

作为高容量中心,笔者团队累计执行超过1 400例LPD,其TO达标率可达到80%,而性别为男性及胰腺质地较软被认为是实现TO的独立风险因素^[42]。对这些独立风险因素的进一步分析有助于全面评估患者状况,制定更为个体化的术后护理策略,并为进一步完善整体质量管理体系提供科学依据。

近年来,大量临床研究系统验证了LPD的安全性与可行性,围绕其学习曲线特点、标准化流程、风险管控及并发症防治,为LPD的标准化构建了坚实的循证医学基础,有效推动了该术式的规范化应用。在临床实践层面,通过引入精准影像学评估与手术风险分层策略,术中中转开腹率显著降低,手术可控性得到增强。同时,针对胰瘘、胃排空延迟等核心并发症的防治路径持续优化,并结合综合性质控体系,实现了精准的患者分层管理与风险评估,从而有效改善了患者预后,并逐步拓宽了微创技术在高难度肿瘤治疗中的应用。这些实践经验提高了患者获益,也为国内各大中心在开展微创胰腺手术时提供了有益借鉴。

6 AI赋能胰腺手术教学

外科手术技术直接影响患者的短期及长期预后。胰腺微创手术技术难度大,风险高,如何帮助外科医生度过学习曲线,提升手术质量是保障患者结局的关键因素。传统外科培训模式仍面临诸多挑战,尤其在理论知识与临床实践的转化融合,以及临床场景下及时、个体化反馈的供给方面存在明显短板。基于手术视频回顾的外科教练(Surgical Coaching)项目能够加速外科医生达到最佳手术表现的进程,同时有效缓解因高压工作导致的职业倦怠^[43]。然而,胰腺微创手术视频的回顾分析需耗费极高的时间与人力成本,这一现实瓶颈严重制约了该培训模式的规模化推广。AI和信息化技术的进步为外科手术教学带来了新的机遇。KHAN等^[44]在垂体手术研究中,构建了AI辅助的手术步骤识别指导系统,结果显示参与者

的手术操作表现得到显著提升。笔者团队前期研发的AI模型SurgSmart,可自动生成腹腔镜胆囊切除术(laparoscopic cholecystectomy, LC)的手术报告,内容涵盖手术各步骤时长、关键分离操作要点及安全关键视野(critical view of safety, CVS)评分等核心信息^[45]。将该AI模型整合至外科教练项目后,在新手LC外科医生群体中开展的随机对照研究表明,其手术操作规范性与患者安全性均获得显著提升^[46]。同样,我们也将该模式运用于胰腺微创手术教学中。团队前期成功构建了LPD的手术阶段识别算法^[47]。该AI驱动的教练模式通过实现术中实时评估、手术步骤自动识别,并整合信息化技术构建高效分析平台,有效破解了复杂手术视频回顾教学可及性差的难题^[48]。未来随着法律框架的逐步完善和外科医生观念的转变,常规开展外科教练正逐渐成为提升外科医生技术技能与非技术技能的有效策略,最终实现患者预后改善与手术操作质量提升的双重目标。

展望未来,随着5G、6G与人工智能技术的迅速发展、手术技术的进一步优化以及多学科协作模式的不断完善,将推动微创胰腺手术进入一个全新的时代,提升手术安全性与精准度,加速患者的康复进程。长远来看,这种多维度的协同发展将实现从精准诊断、个体化治疗到长期康复的全周期闭环管理,进而改善胰腺疾病患者的临床结局。

* * *

作者贡献声明 李静文负责论文构思、初稿写作和审读与编辑写作,吴仲和彭兵负责监督指导和审读与编辑写作。所有作者已经同意将文章提交给本刊,且对将要发表的版本进行最终定稿,并同意对工作的所有方面负责。

Author Contribution LI Jingwen is responsible for conceptualization, writing--original draft, and writing--review and editing. WU Zhong and PENG Bing are responsible for supervision and writing--review and editing. All authors consented to the submission of the article to the Journal. All authors approved the final version to be published and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

利益冲突 本文作者吴仲是本刊编委会青年编委,该文在编辑评审过程中所有流程严格按照期刊政策进行,且未经其本人经手处理。除此之外,所有作者均声明不存在利益冲突。

Declaration of Conflicting Interests WU Zhong is a member of the Junior Editorial Board of the journal. All processes involved in the editing and reviewing of this article were carried out in strict compliance with the journal's policies and there was no inappropriate personal involvement by the author. Other than this, all authors declare no competing interests.

参 考 文 献

[1] AOKI S, MIYATA H, KONNO H, *et al.* Risk factors of serious postoperative complications after pancreaticoduodenectomy and risk calculators for predicting postoperative complications: a nationwide study

- of 17, 564 patients in Japan. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*, 2017, 24(5): 243-251. doi: 10.1002/jhbp.438.
- [2] ASBUN H J, MOEKOTTE A L, VISSERS F L, *et al.* The miami international evidence-based guidelines on minimally invasive pancreas resection. *Ann Surg*, 2020, 271(1): 1-14. doi: 10.1097/SLA.0000000000003590.
- [3] Van HILST J, De ROOIJ T, BOSSCHA K, *et al.* Laparoscopic versus open pancreaticoduodenectomy for pancreatic or periampullary tumours (LEOPARD-2): a multicentre, patient-blinded, randomised controlled phase 2/3 trial. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2019, 4(3): 199-207. doi: 10.1016/S2468-1253(19)30004-4.
- [4] 王子铭, 张志忠, 刘文生, 等. 腹腔镜胰十二指肠切除术中胰背动脉的解剖观察及处理. *腹腔镜外科杂志*, 2023, 28(10): 733-738. doi: 10.13499/j.cnki.fjwkzz.2023.10.733.
- WANG Z M, ZHANG Z Z, LIU W S, *et al.* The anatomic characteristic and management of the dorsal pancreatic artery in laparoscopic pancreaticoduodenectomy. *Journal of Laparoscopic Surgery*, 2023, 28(10): 733-738. doi: 10.13499/j.cnki.fjwkzz.2023.10.733.
- [5] 程华, 吴昊钧, 梁梦萍, 等. 三维重建在腹腔镜胰十二指肠切除术中指导血管处理的应用价值初探. *腹腔镜外科杂志*, 2022, 27(12): 893-897. doi: 10.13499/j.cnki.fjwkzz.2022.12.893.
- CHENG H, WU H J, LIANG M P, *et al.* Application value of three-dimensional reconstruction in vascular treatment in laparoscopic pancreaticoduodenectomy. *Journal of Laparoscopic Surgery*, 2022, 27(12): 893-897. doi: 10.13499/j.cnki.fjwkzz.2022.12.893.
- [6] WANG M, PENG B, LIU J, *et al.* Practice patterns and perioperative outcomes of laparoscopic pancreaticoduodenectomy in China: a retrospective multicenter analysis of 1029 patients. *Ann Surg*, 2021, 273(1): 145-153. doi: 10.1097/SLA.0000000000003190.
- [7] 鲁超, 崔军, 牟一平. 新时期腹腔镜胰十二指肠切除术面临的问题与对策. *肝胆外科杂志*, 2020, 28(1): 73-74. doi: 10.3969/j.issn.1006-4761.2020.01.020.
- [8] 李永彬, 蔡云强, 王昕, 等. 流程优化的全腹腔镜胰十二指肠切除术的临床总结(附手术视频). *四川大学学报(医学版)*, 2020, 51(4): 446-452. doi: 10.12182/20200760108.
- LI Y B, CAI Y Q, WANG X, *et al.* Optimization of operative procedure in total laparoscopic pancreaticoduodenectomy (with video). *J Sichuan Univ (Med Sci)*, 2020, 51(4): 446-452. doi: 10.12182/20200760108.
- [9] 杨帆, 刘亚辉, 刘松阳, 等. 完全腹腔镜“下入路, 钩突优先, 动脉先行”胰十二指肠切除术的临床应用. *中国微创外科杂志*, 2018, 18(10): 908-910. doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2018.10.013.
- YANG F, LIU Y H, LIU S Y, *et al.* Clinical application of total laparoscopic pancreaticoduodenectomy with inferior-posterior incinate process and artery first approach. *Chinese Journal of Minimally Invasive Surgery*, 2018, 18(10): 908-910. doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2018.10.013.
- [10] 谭志健, 沈展涛, 陈桂豪, 等. 腹腔镜胰十二指肠切除术中钩突处理技巧. *中国实用外科杂志*, 2022, 42(5): 535-538. doi: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2022.05.14.
- TAN Z J, SHEN Z T, CHEN G H, *et al.* Key techniques to Further Improve the Safety of Laparoscopic Pancreaticoduodenectomy. *Chinese Journal of Practical Surgery*, 2022, 42(5): 535-538. doi: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2022.05.14.
- [11] 戴梦华. 腹腔镜下半旋转胰头动脉优先入路胰十二指肠切除术的临床意义. *中华普外科手术学杂志(电子版)*, 2018, 12(4): 275-278. doi: 10.3877/cma.j.issn.1674-3946.2018.04.002.
- DAI M H. Clinical significance of semi-derotation artery first approach in laparoscopic pancreaticoduodenectomy. *Journal of Operative Procedures of General Surgery (Electronic Edition)*, 2018, 12(4): 275-278. doi: 10.3877/cma.j.issn.1674-3946.2018.04.002.
- [12] 牟一平, 金巍巍. 腹腔镜胰十二指肠切除术: 难点与对策. *中国实用外科杂志*, 2022, 42(5): 491-493. doi: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2022.05.03.
- MU Y P, JIN W W. The key points and strategies of laparoscopic pancreaticoduodenectomy. *Chinese Journal of Practical Surgery*, 2022, 42(5): 491-493. doi: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2022.05.03.
- [13] 刘文生, 李征, 卓奇峰, 等. 进一步提高腹腔镜胰十二指肠切除术安全性的关键技术环节. *中国实用外科杂志*, 2025, 45(1): 80-83. doi: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2025.01.13.
- LIU W S, LI Z, ZHUO Q F, *et al.* Key techniques to further improve the safety of laparoscopic pancreaticoduodenectomy. *Chinese Journal of Practical Surgery*, 2025, 45(1): 80-83. doi: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2025.01.13.
- [14] 鲁超, 金巍巍, 洋丹红, 等. 微创时代新生代胰腺外科医师的成长与培训. *肝胆胰外科杂志*, 2022, 34(8): 452-455. doi: 10.11952/j.issn.1007-1954.2022.08.002.

- [15] HALLS M C, CIPRIANI F, BERARDI G, *et al.* Conversion for unfavorable intraoperative events results in significantly worse outcomes during laparoscopic liver resection: lessons learned from a multicenter review of 2861 cases. *Ann Surg*, 2018, 268(6): 1051-1057. doi: 10.1097/SLA.0000000000002332.
- [16] CHENG K, WANG X, PENG B. Comment on: risk of conversion to open surgery during robotic and laparoscopic pancreaticoduodenectomy and effect on outcomes: international propensity score-matched comparison study. *Br J Surg*, 2021, 108(11): e380. doi: 10.1093/bjs/znab243.
- [17] HUA S, GAO J, WANG Z, *et al.* Automatic bleeding detection in laparoscopic surgery based on a faster region-based convolutional neural network. *Ann Transl Med*, 2022, 10(10): 546. doi: 10.21037/atm-22-1914.
- [18] LI Y T, ZHANG H Y, XING C, *et al.* Effect of blumgart anastomosis in reducing the incidence rate of pancreatic fistula after pancreaticoduodenectomy. *World J Gastroenterol*, 2019, 25(20): 2514-2523. doi: 10.3748/wjg.v25.i20.2514.
- [19] XU Z, CHEN J, MOU Y, *et al.* Effects of nutritional status on short-term prognosis after minimally invasive pancreaticoduodenectomy. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 29549. doi: 10.1038/s41598-024-81016-7.
- [20] MORI T, HIRA G, KIMURA K, *et al.* A case of perforation of a pancreatic duct by a pancreatic stent during chemoradiotherapy for pancreatic head cancer: a case report. *Surg Case Rep*, 2019, 5(1): 10. doi: 10.1186/s40792-019-0571-3.
- [21] CAI H, LU F, ZHANG M, *et al.* Pancreaticojejunostomy without pancreatic duct stent after laparoscopic pancreaticoduodenectomy: preliminary outcomes from a prospective randomized controlled trial. *Surg Endosc*, 2022, 36(5): 3629-3636. doi: 10.1007/s00464-021-08909-w.
- [22] CAO Z, QIU J, GUO J, *et al.* A randomised, multicentre trial of somatostatin to prevent clinically relevant postoperative pancreatic fistula in intermediate-risk patients after pancreaticoduodenectomy. *J Gastroenterol*, 2021, 56(10): 938-948. doi: 10.1007/s00535-021-01818-8.
- [23] MA T, BAI X, CHEN W, *et al.* Surgical management and outcome of grade-C pancreatic fistulas after pancreaticoduodenectomy: a retrospective multicenter cohort study. *Int J Surg*, 2019, 68: 27-34. doi: 10.1016/j.ijsu.2019.05.019.
- [24] EISENBERG J D, ROSATO E L, LAVU H, *et al.* Delayed gastric emptying after pancreaticoduodenectomy: an analysis of risk factors and cost. *J Gastrointest Surg*, 2015, 19(9): 1572-1580. doi: 10.1007/s11605-015-2865-5.
- [25] FRANCKEN M F G, Van ROESSEL S, SWIJNENBURG R J, *et al.* Hospital costs of delayed gastric emptying following pancreaticoduodenectomy and the financial headroom for novel prophylactic treatment strategies. *HPB (Oxford)*, 2021, 23(12): 1865-1872. doi: 10.1016/j.hpb.2021.04.025.
- [26] MOHAMMED S, VAN B I G, MCELHANY A, *et al.* Delayed gastric emptying following pancreaticoduodenectomy: incidence, risk factors, and healthcare utilization. *World J Gastrointest Surg*, 2017, 9(3): 73-81. doi: 10.4240/wjgs.v9.i3.73.
- [27] LI X, QIN T, ZHU F, *et al.* Clinical efficacy of the preservation of the hepatic branch of the vagus nerve on delayed gastric emptying after laparoscopic pancreaticoduodenectomy. *J Gastrointest Surg*, 2021, 25(8): 2172-2183. doi: 10.1007/s11605-021-05024-y.
- [28] ZHANG H, FENG Y, SUOLANG D, *et al.* Postoperative fluid balance and outcomes after pancreaticoduodenectomy: a retrospective study in 301 patients. *Langenbecks Arch Surg*, 2022, 407(4): 1537-1544. doi: 10.1007/s00423-022-02443-6.
- [29] KAWAI M, TANI M, HIRONO S, *et al.* Pylorus ring resection reduces delayed gastric emptying in patients undergoing pancreaticoduodenectomy: a prospective, randomized, controlled trial of pylorus-resecting versus pylorus-preserving pancreaticoduodenectomy. *Ann Surg*, 2011, 253(3): 495-501. doi: 10.1097/SLA.0b013e31820d98f1.
- [30] PARMAR A D, SHEFFIELD K M, VARGAS G M, *et al.* Factors associated with delayed gastric emptying after pancreaticoduodenectomy. *HPB (Oxford)*, 2013, 15(10): 763-772. doi: 10.1111/hpb.12129.
- [31] MENG L, LI J, OUYANG G, *et al.* Delayed gastric emptying after laparoscopic pancreaticoduodenectomy: a single-center experience of 827 cases. *BMC Surg*, 2024, 24(1): 145. doi: 10.1186/s12893-024-02447-7.
- [32] MENG L, GAO P, PENG B. Laparoscopic pancreaticoduodenectomy with superior mesenteric vein resection and artificial vascular graft reconstruction for borderline resectable pancreatic cancer. *J Gastrointest Surg*, 2020, 24(12): 2906-2907. doi: 10.1007/s11605-020-04808-y.
- [33] ZHAO L, ZHANG M, WANG X, *et al.* Transumbilical single-incision laparoscopic pancreaticoduodenectomy. *Asian J Surg*, 2022, 45(3): 888-889. doi: 10.1016/j.asjsur.2021.11.064.
- [34] CAI H, ZHANG M, WANG X, *et al.* Initial experience of single-incision plus one port total laparoscopic pancreaticoduodenectomy. *BMC Surgery*, 2023, 23(1): 219. doi: 10.1186/s12893-023-02107-2.
- [35] CHOI Y J, JO H S, KIM D S, *et al.* Single-port robot plus one port (SP + 1) distal pancreatectomy using the new da vinci SP system. *Langenbecks Arch Surg*, 2022, 407(3): 1271-1276. doi: 10.1007/s00423-022-02477-w.
- [36] ZHANG X, LI G, LI X, *et al.* Effect of single-incision plus one port laparoscopic surgery assisted with enhanced recovery after surgery on colorectal cancer: study protocol for a single-arm trial. *Transl Cancer Res*, 2021, 10(12): 5443-5453. doi: 10.21037/tcr-21-1361.
- [37] CAI Y, CAI H, LU F, *et al.* Single-incision plus one port laparoscopic pancreaticoduodenectomy with major venous resection and reconstruction for pancreatic cancer (with video recordings). *Asian J Surg*, 2024, 47(12): 5147-5149. doi: 10.1016/j.asjsur.2024.05.241.
- [38] TSAI T C, JOYNT K E, ORAV E J, *et al.* Variation in surgical-readmission rates and quality of hospital care. *N Engl J Med*, 2013, 369(12): 1134-1142. doi: 10.1056/NEJMsa1303118.
- [39] Van ROESSEL S, MACKAY T M, BAN DIEREN S, *et al.* Textbook outcome: nationwide analysis of a novel quality measure in pancreatic surgery. *Ann Surg*, 2020, 271: 155-162. doi: 10.1097/SLA.00000000000003451.
- [40] SWEIGERT P J, WANG X, EGUIA E, *et al.* Does minimally invasive pancreaticoduodenectomy increase the chance of a textbook oncologic outcome? *Surgery*, 2021, 170(3): 880-888. doi: 10.1016/j.surg.2021.02.021.
- [41] LOF S, BENEDETTI CACCIAGUERRA A, ALJARRAH R, *et al.* Implementation of enhanced recovery after surgery for pancreaticoduodenectomy increases the proportion of patients achieving textbook outcome: a retrospective cohort study. *Pancreatol*, 2020, 20(5): 976-983. doi: 10.1016/j.pan.2020.05.018.
- [42] CAI H, LU F, GAO P, *et al.* Risk factors of textbook outcome in laparoscopic pancreaticoduodenectomy: results from a prospective high-volume center study. *BMC*, 2024, 24(1): 233. doi: 10.1186/s12893-024-02529-6.
- [43] LOURIDAS M, SACHDEVA AK, YUEN A, *et al.* Coaching in surgical education: a systematic review. *Ann Surg*, 2022, 275(1): 80-84. doi: 10.1097/SLA.0000000000004910.
- [44] KHAN D Z, NEWALL N, KOH C H, *et al.* Video-based performance analysis in pituitary surgery - part 2: artificial intelligence assisted surgical coaching. *World Neurosurg*, 2024, 190: e797-e808. doi: 10.1016/j.wneu.2024.07.219.
- [45] WU S, CHEN Z, LIU R, *et al.* SurgSmart: an artificial intelligent system for quality control in laparoscopic cholecystectomy: an observational study. *Int J Surg*, 2023, 109(5): 1105-1114. doi: 10.1097/JIS.0000000000000329.
- [46] WU S, TANG M, LIU J, *et al.* Impact of an AI-based laparoscopic cholecystectomy coaching program on the surgical performance: a randomized controlled trial. *Int J Surg*, 2024, 110(12): 7816-7823. doi: 10.1097/JIS.0000000000001798.
- [47] YOU J, CAI H, WANG Y, *et al.* Artificial intelligence automated surgical phases recognition in intraoperative videos of laparoscopic pancreaticoduodenectomy. *Surg Endosc*, 2024, 38(9): 4894-4905. doi: 10.1007/s00464-024-10916-6.
- [48] CHENG K, WU S, PENG B, WANG X. An artificial intelligence-enhanced coaching mode. *Int J Surg*, 2025, 111(9): 6469-6472. doi: 10.1097/JIS.0000000000002713.

(2025-05-12 收稿, 2025-07-12 修回)

编辑 汤洁



开放获取 本文使用遵循知识共享署名—非商业性使用

4.0 国际许可协议 (CC BY-NC 4.0), 详细信息请访问

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>。

OPEN ACCESS This article is licensed for use under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (CC BY-NC 4.0). For more information, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

© 2025 《四川大学学报(医学版)》编辑部

Editorial Office of Journal of Sichuan University (Medical Sciences)