



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.260066  
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.260066  
China Journal of General Surgery, 2026, 35(3):436-445.

· 专家论坛 ·

## 微创胰十二指肠切除术：在安全底线之上的根治追求

卓浚哲<sup>1</sup>, 罗琦溇<sup>1</sup>, 王敏<sup>2</sup>

(1. 华中科技大学同济医学院附属同济医院 肝胆胰外科, 湖北 武汉 430030; 2. 国家癌症中心/国家肿瘤临床医学研究中心/中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院 胰胃外科, 北京 100021)

### 摘要

微创胰十二指肠切除术 (MIPD) 正由“技术可行性验证”阶段, 逐步迈向“在安全底线之上的肿瘤根治追求”。现有证据表明, 在高容量中心和成熟团队中, MIPD 的围手术期安全性已可接近开腹手术。然而, 其安全边界不仅取决于微创入路, 还与中心准入、术者经验、病例复杂性分层及关键技术环节密切相关, 其中合理选择胰肠吻合方式是降低胰瘘等并发症的重要因素。在肿瘤学方面, MIPD 在切缘状态及 R<sub>0</sub> 切除率上总体可达到与开腹手术相近的水平, 但胰腺癌局部复发率仍较高, 长期预后仍不理想, 提示肿瘤根治问题尚未真正解决。传统广泛扩大切除未显示明确生存获益, 围绕全胰腺系膜切除等提出的局部强化策略虽提供了新的思路, 但其解剖学基础、适用边界及临床价值仍有待进一步验证。随着新辅助治疗的普及, 炎症-纤维化反应增加了解剖辨认、切缘评估及切除范围决策的复杂性, 对 MIPD 的病例筛选及术中判断提出更高要求。总体而言, MIPD 的发展不应止于技术层面的微创化, 而应在精准病例选择、严格难度分层及循证医学证据支持下, 在坚守安全底线的同时, 实现更合理且充分的肿瘤根治。

### 关键词

胰十二指肠切除术; 最小侵入性外科手术; 学习曲线; 新辅助疗法  
中图分类号: R657.5

## Minimally invasive pancreaticoduodenectomy: striving for oncologic radicality within the limits of safety

ZHUO Junzhe<sup>1</sup>, LUO Qilan<sup>1</sup>, WANG Min<sup>2</sup>

(1. Department of Hepato-Pancreato-Biliary Surgery, Tongji Hospital Affiliated to Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China; 2. National Cancer Center/National Clinical Research Center for Cancer/Department of Pancreatic and Gastric Surgery, Cancer Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100021, China)

### Abstract

Minimally invasive pancreaticoduodenectomy (MIPD) is transitioning from a stage of technical feasibility toward a phase focused on achieving oncologic radicality while maintaining safety. Current evidence suggests that, in high-volume centers with experienced surgical teams, the perioperative safety

**基金项目:** 国家重点研发计划基金资助项目 (2024YFA1307304); 国家自然科学基金资助项目 (82472876、82273438); 中国医学科学院医学与健康科技创新工程基金资助项目 (2025-I2M-XHJC-014)。

**收稿日期:** 2026-02-02; **修订日期:** 2026-03-17。

**作者简介:** 王敏, 国家癌症中心/国家肿瘤临床医学研究中心/中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院主任医师, 主要从事胰腺和胃肠肿瘤微创治疗方面的研究。

**通信作者:** 王敏, Email: wangmin0013128@aliyun.com

of MIPD is comparable to that of open pancreaticoduodenectomy. However, its safety profile is influenced not only by the surgical approach, but also by institutional qualification, surgeon experience, case complexity stratification, and the management of key technical steps. Among these, appropriate selection of pancreaticojejunostomy plays a crucial role in reducing complications such as postoperative pancreatic fistula. From an oncologic perspective, MIPD can achieve margin status and  $R_0$  resection rates comparable to open surgery. Nevertheless, the persistently high rate of local recurrence and suboptimal long-term survival in pancreatic cancer indicate that true oncologic radicality remains unresolved. Traditional extended resections have not demonstrated clear survival benefits. Emerging concepts such as total mesopancreas excision offer new strategies for improving local control, but their anatomical basis, indications, and clinical value require further validation. With the increasing use of neoadjuvant therapy, inflammation and fibrosis further complicate anatomical identification, margin assessment, and intraoperative decision-making, thereby imposing higher demands on patient selection and surgical judgment. Overall, the evolution of MIPD should extend beyond technical minimal invasiveness toward a more balanced approach that integrates precise patient selection, rigorous difficulty stratification, and robust evidence-based support, aiming to achieve optimal oncologic outcomes without compromising safety.

**Key words** Pancreaticoduodenectomy; Minimally Invasive Surgical Procedures; Learning Curve; Neoadjuvant Therapy

**CLC number:** R657.5

胰十二指肠切除术 (pancreaticoduodenectomy, PD) 是治疗胰头及壶腹周围区域病变的标准术式。近年来, 微创胰十二指肠切除术 (minimally invasive pancreaticoduodenectomy, MIPD) 逐步开展, 但其核心问题并非“微创”本身, 而是如何在确保安全性的基础上实现肿瘤学根治。MIPD 技术复杂、风险较高, 其实施需对中心资质、术者经验和病例选择提出更高要求, 尤其应强调手术复杂度与术者经验的匹配<sup>[1]</sup>。与此同时, 安全性还与关键手术环节的处理密切相关, 例如胰肠吻合方式直接影响术后胰瘘的发生<sup>[2]</sup>。在安全基础之上, MIPD 还必须回答肿瘤学根治性的问题, 即微创能否在保证安全的同时, 实现不逊于开腹手术的根治效果。围绕这一目标, 全胰腺系膜切除 (total mesopancreas excision, TMpE) 等扩大切除理念相继出现, 但其是否真正带来更高的  $R_0$  切除率与生存获益, 以及安全代价是否可接受, 仍值得审慎评估。随着胰腺癌进入新辅助治疗 (neoadjuvant treatment, NAT) 时代, 治疗后炎症与纤维化所致的解剖辨认困难、切缘判断复杂化及手术策略调整, 又为 PD 提出了新的挑战。基于此, 本文拟从 MIPD 的安全底线、肿瘤根治追求以及 NAT 背景下的外科问题三个层面展开述评, 探讨其在安全前

提下实现肿瘤根治的现实边界与未来发展方向。

## 1 MIPD的安全底线

### 1.1 准入门槛

安全性是评判 MIPD 临床可行性的首要前提, 而 MIPD 的围手术期安全性却因 LEOPARD-2 试验<sup>[3]</sup>的终止而受到广泛质疑。该试验是由荷兰胰腺癌小组发起、阿姆斯特丹大学医学中心牵头, 在荷兰 4 家胰腺中心开展的首项针对腹腔镜胰十二指肠切除术 (laparoscopic pancreaticoduodenectomy, LPD) 的多中心随机对照试验 (randomized controlled trial, RCT), 却因 LPD 组 90 d 死亡率显著高于开腹胰十二指肠切除术 (open pancreaticoduodenectomy, OPD) 组 (5/50 vs. 1/49) 而提前终止。学界在质疑 LPD 安全性的同时, 也开始重新审视术者与中心的准入标准。LEOPARD-2 试验<sup>[3]</sup>要求术者完成  $\geq 50$  例高级腹腔镜胃肠手术、累计完成  $\geq 50$  例 OPD 与 LPD, 并接受专业 LPD 培训且独立主刀 LPD  $\geq 20$  例; 参与中心则需完成 PD  $\geq 20$  例/年, 其中 LPD  $\geq 10$  例/年。该标准与同期单中心 RCT 研究 PLOT 试验相近, 后者要求术者完成  $\geq 25$  例 LPD 和  $\geq 25$  例 OPD, 但后者所在中心既往已累计开展  $\geq 150$  例 LPD, 最终 PLOT

试验<sup>[4]</sup>LPD组与OPD组的死亡率均为1/32(3.1%)。LEOPARD-2试验的失败是否直接归因于准入标准不足,尚难定论,但后续研究已提供了更具说服力的线索。随着基于统计学方法构建的学习曲线模型逐步建立,国内LPD研究<sup>[5]</sup>显示,手术时间与并发症发生率的拐点分别出现在40例和104例,机器人辅助胰十二指肠切除术(robot-assisted pancreaticoduodenectomy, RPD)研究<sup>[6]</sup>则提示其学习曲线拐点约为40例。更重要的是,多项高质量RCT,包括两项中国LPD研究<sup>[7-8]</sup>、一项中国RPD研究<sup>[9]</sup>、一项欧洲RPD研究<sup>[10]</sup>及一项欧洲MIPD研究<sup>[11]</sup>,均表明在高容量胰腺中心且术者跨越学习曲线后,MIPD可获得与OPD相当的围手术期安全性。综合现有证据,LEOPARD-2试验所采用的经验门槛与后续统计学验证的学习曲线要求之间存在明显差距。尽管其不良结局未必完全由准入标准不足所致,早期技术方法本身的局限亦可能产生一定影响,但该研究至少提示,MIPD的开展不能建立在经验阈值的粗略估计之上,而应建立在经统计学验证的术者经验阈值和严格的中心准入标准之上,始终将患者安全置于首位。

## 1.2 难度分级

当前指南已初步明确MIPD准入框架。2020年LPD国际共识提出,主刀医生需完成≥50例OPD、接受结构化腹腔镜培训,所在中心年PD量≥25例,并具备完善的多学科支持<sup>[12]</sup>。然而,准入门槛的确立只是MIPD安全开展的前提,如何在此基础上为年轻医生建立循序渐进的成长路径,已成为新的关注重点。基于这一背景,学界开始由单纯强调手术例数,转向关注手术难度与术者经验之间的匹配关系。经国际胰腺外科小组(International Study Group of Pancreatic Surgery, ISGPS)专家讨论,细胰管、细胆管、血管接触、肥胖、既往上腹部手术史五项因素被纳入MIPD手术难度评分体系,据此将手术分为A、B、C三级,同时以术者MIPD经验40例、80例及中心年手术量10例、30例为经验分级节点,推荐实行同级别匹配原则<sup>[1]</sup>。尽管该评分体系并非基于统计学建模建立,但其后续意大利外部队列验证,基于上述五项因素构建的手术难度分级,与中心及术者经验分级之间具有较好的对应关系<sup>[13]</sup>。具体而言,难度等级较高的病例若由相匹配级别的中心和术者实施,其围手术期结局优于经验等级较低的中心和术者实施者,

提示难度-经验匹配具有现实临床意义。更进一步, Peng等<sup>[14]</sup>采用统计学方法开发了LPD难度评分系统。该研究通过LASSO筛选变量,采用Logistic回归构建模型,并以ROC曲线评价模型效能,最终纳入肿瘤部位、血管重建需求、学习曲线阶段、预后营养指数、肿瘤大小及良恶性六项因素,将手术难度量化为评分1~10。结果显示肿瘤位于钩突、需行血管切除重建、预后营养指数<49、肿瘤>2 cm及恶性病变均提示更高难度,作者推荐处于LPD学习曲线第一阶段(<40例)的术者,优先选择难度评分<5的病例以优化围手术期结局。

上述两种评分模型纳入因素并不完全一致,但其中肿瘤临近或侵犯重要血管会显著增加切除难度,这一点具有较高共识。此外,LPD模型提示肿瘤部位和肿瘤大小同样会影响切除难度,相较之下,肿瘤大小未被纳入ISGPS评分体系,主要原因在于壶腹部良性肿瘤即便肿瘤较大,仍较少与血管接触,未必会增加手术难度。然而,此类病变在临床中所占比例较低,在多项研究中仅占全部手术病例的6.3%~15%<sup>[5,8-10]</sup>;仅据此否定肿瘤大小这一潜在影响因素,是否充分,仍有讨论空间。未来在进一步完善难度评分体系时,或可尝试依据肿瘤类型进行分层评估,例如对于壶腹部良性肿瘤,可适当弱化甚至剔除肿瘤大小的权重。在消化道重建阶段,LPD受限于Trocar入路角度,缝合自由度相对不足;RPD虽改善了操作灵活性,但缺乏直接触觉反馈,两者在重建阶段均面临技术挑战<sup>[15]</sup>。而在细胰管、细胆管等情况下,缝合操作对精细度的要求进一步提高,重建难度也随之增加。在此情境下,若执意坚持微创路径可能显著增加术后胰瘘或胆汁漏风险,必要时中转开腹,不应贬低为术者能力不足,而应被视为对患者安全负责、对MIPD安全底线的坚守。

## 1.3 胰肠吻合的术式选择

MIPD的安全性既取决于由谁实施,也取决于如何实施,前者体现于准入标准,后者体现于胰肠吻合等关键技术环节。胰瘘是PD术后最常见且严重的胰腺相关并发症,其发生风险与胰肠吻合术式密切相关<sup>[2]</sup>。当前主流吻合方式包括胰管-空肠黏膜吻合、胰腺空肠套入式吻合及Blumgart吻合,各高容量中心基于自身经验不断提出改良术式,试图证明其在降低胰瘘方面具有优势,但现有高等级证据<sup>[16]</sup>提示:任何一种胰肠吻合方式都

难以在不同中心、不同患者中持续显示出普遍优于其他术式的效果,因此并不存在可广泛适用于所有情景的最佳方案。即便如此,笔者认为不同术式在降低术后胰瘘方面仍具有共通的机制基础,至少体现在以下四个方面:第一,确保主胰管通畅引流,避免大量胰液渗漏;第二,妥善处理胰腺断面,减少胰腺实质内微小胰管渗漏;第三,减少组织剪切伤与挂线切割<sup>[17]</sup>;第四,保护吻合口周围组织灌注,避免过度游离、热损伤或牵拉性缺血性坏死。

需要指出的是,微创平台并未改变胰肠吻合的基本原则,而是改变了不同术式的操作难点。以胰管-空肠黏膜吻合为例,内层在空肠开口后将胰管与空肠黏膜间断缝合,通过精准的胰管对空肠的端侧吻合,保证胰肠吻合口的通畅性,降低主胰管相关胰瘘风险,但在细胰管情况下,其缝合难度会显著增加。外层则通过胰腺包膜与空肠浆肌层的间断缝合,加强胰腺残端与空肠之间的贴合,减少微小胰管的渗漏,同时由于胰腺残端游离需求较少,残余胰腺血供通常更易得到保留,更有利于降低残端缺血性坏死风险<sup>[18]</sup>。与套入式相比,该术式下胰腺残端不直接暴露于肠液环境,理论上有助于减少肠液腐蚀残端相关的出血风险。Blumgart吻合则是在内层胰管与空肠黏膜缝合的基础上,于外层实施经胰腺实质的“U”形褥式缝合,以分散张力,降低胰腺实质切割伤风险,因此对于软胰腺可能更具优势<sup>[19]</sup>。然而,胰管的缝合对操作灵活度和缝合精细度提出了较高的要求,在腹腔镜中,较长的操作器械及受限的缝合角度进一步增加了完成高质量胰肠吻合的难度。为适应这种腹腔镜操作特点,多种改良术式尝试在简化胰管-空肠黏膜缝合的同时,通过不同方式维持主胰管引流通畅。例如,Blumgart变式中的洪氏一针法<sup>[20]</sup>通过缝合固定胰管支架、植入式胰肠吻合<sup>[21]</sup>通过交锁式“U”形缝合联合支架置入,以减少多针胰管缝合的技术负担;而鲨鱼嘴式胰肠吻合<sup>[22]</sup>、陈氏胰肠吻合<sup>[23]</sup>等套入式变式,则延续了套入式操作相对简便的特点,并针对腹腔镜环境进行了相应改良。不过,各类术式仍各有局限。胰管-空肠黏膜吻合对非扩张胰管的处理难度较大;Blumgart吻合虽可在一定程度上应对<3 mm细胰管,但当胰管极细、辨认困难时,其实施仍具有较高挑战;套入式吻合虽然操作相对简便,对胰管直

径依赖较小,但仍需警惕胰腺残端暴露于肠液环境后潜在的出血风险。因此,胰肠吻合术式的选择不宜脱离具体解剖条件和微创平台特点,针对不同胰管条件、胰腺质地及术中情境采用不同的吻合方式,或许更有利于提高手术安全性并降低胰瘘发生风险。

## 2 MIPD的肿瘤根治追求

### 2.1 切缘状态与R<sub>0</sub>切除

在MIPD满足安全底线之后,进一步追求的应是肿瘤根治,而切缘阴性与R<sub>0</sub>切除是衡量肿瘤根治的核心指标,也是评估MIPD肿瘤学疗效最直观的手术学结局。近期回顾性研究提示MIPD可能在切缘阴性率上存在优势。Lettner等<sup>[24]</sup>在胰腺癌研究中报道,混合LPD组切缘阴性率显著高于OPD组(87% vs. 77%,  $P<0.001$ ); de Graaf等<sup>[25]</sup>基于荷兰全国性回顾性队列研究显示,RPD组R<sub>0</sub>切除率高于OPD组(61.5% vs. 53.8%,  $P=0.033$ ),但在倾向评分匹配后差异不再具有统计学意义(60.1% vs. 54.6%,  $P=0.106$ )。与之相对,现有RCT尚未发现MIPD存在R<sub>0</sub>切除率或切缘阴性率方面的优势,前述7项RCT<sup>[3-4,7-11]</sup>均提示MIPD与OPD在相关指标上无显著差异。回顾性研究与RCT结论之所以不一致,可能与以下几方面因素有关。首先,理论上微创设备的高清放大视野有利于对胰腺周围组织进行更精细的解剖与分离,可能为获得更理想的切缘状态创造条件,但更清晰的视野并不必然转化为更优的肿瘤学结局,真正决定切缘质量的是肿瘤外科切除原则的贯彻、关键解剖平面与高风险切缘的识别能力及标准切除范围的落实程度。其次,部分研究<sup>[4,7-9]</sup>中OPD的R<sub>0</sub>切除率或切缘阴性率已处于较高水平(>90%),在此基础上进一步获得统计学上的增量获益本身就较为困难,尤其在样本量有限的RCT中更是如此,但这并不意味着切缘优化在临床上不重要,而是提示此类潜在获益的验证往往需要更大样本和更严格标准化的研究设计。再次,不同研究对根治性切除结局的报告方式并不完全一致,部分采用R<sub>0</sub>切除率,部分采用切缘阴性率。两者虽均反映肿瘤切除的根治程度,但其定义标准及病理评估并不完全一致,而这些病理学判定标准与手术学切除质量共同影响R<sub>0</sub>切除率和切缘阴性率<sup>[26]</sup>。此外,不同研究纳

人的疾病谱也不一致，胰腺癌与其他壶腹周围恶性肿瘤在局部浸润模式、根治性切除难度及病理评估上存在差异，进一步减弱了结果横向比较的意义。综合现有证据，笔者更倾向于认为，MIPD在切缘状态和R<sub>0</sub>切除方面总体与OPD相近，但尚缺乏足够证据支持其具有稳定优于OPD的优势。

## 2.2 扩大切除术

MIPD适应证中，良性疾病与壶腹部肿瘤接受PD治疗的切除范围较为固定，而胰腺癌由于局部复发率较高，如何通过扩大切除进一步强化局部控制，始终是胰腺外科探索肿瘤根治的重点与难点。围绕胰周神经丛、腹主动脉旁软组织及扩大淋巴结清扫形成的传统扩大切除术，曾被寄望于改善局部控制和长期生存，但既往多项RCT并未证实其可稳定转化为总生存获益，反而往往伴随更长的手术时间、更多的术中失血以及术后腹泻等代价<sup>[27-30]</sup>。更重要的是，既往各项RCT中扩大切除的具体范围并不一致，神经丛和后腹膜软组织清扫长期缺乏统一标准。因此，这些阴性的生存结果并非单纯否定某一种具体术式，而是提示传统广泛扩大切除策略整体上的生存获益有限。换言之，进一步探索扩大切除的关键，已不再是切得更大，而是如何界定真正需要强化清扫的解剖区域，并据此形成科学、标准化的扩大切除术式。

在这一背景下，标准化扩大切除术式围绕膜解剖理论展开，试图通过解剖学理念和规范化操作重新定义扩大切除。自1980年Heald提出全直肠系膜切除开始，沿胚胎发育形成的天然筋膜间隙和系膜平面，实施整块、分层、封套化切除的膜解剖理论，逐步在腹部外科得到应用。2007年Gockel等<sup>[31]</sup>提出胰腺系膜理论，试图解释胰头癌沿后方神经、淋巴及疏松结缔组织扩展的规律，首次尝试将膜解剖理论引入胰腺外科；2012年Adham等<sup>[32]</sup>进一步提出TMpE，强调沿肠系膜上动脉（superior mesenteric artery, SMA）及腹腔干右侧半周整块切除胰头背侧软组织，以强化胰后间隙的清扫。早期研究提示，该术式可改善后方切缘清除并提高R<sub>0</sub>切除率，但相关证据主要来自小样本回顾性研究<sup>[33]</sup>。微创时代来临后，胃肠外科借助腹腔镜与机器人的放大视野，更容易识别的脏层筋膜、融合筋膜、疏松无血管层、微小血管和神经束，从而在膜解剖理论的应用与推广上取得了显著进展<sup>[34]</sup>。然而，胰腺系膜与直肠系膜不同，

本身并不具备边界清晰、连续完整的筋膜包裹，因而缺乏稳定的解剖边界，其相关膜结构更多表现为折叠、迂曲与融合，更适合作为指导胰后高风险区域清扫的概念性区域，而非已被充分证实的独立解剖实体<sup>[35]</sup>。目前，国内外已有若干团队尝试进一步界定胰腺系膜的手术学结构，Shyr等<sup>[36]</sup>将胰腺系膜定义为胰后连接胰头与SMA及右侧腹腔神经节的板层样结构，并将切除分为1~3级，其中3级切除为最高级别，即在整块切除胰腺系膜的基础上，进一步清扫SMA右侧神经丛。其回顾性研究<sup>[36]</sup>提示该术式在RPD与OPD之间的术后并发症和围手术期死亡率相当，而RPD术中出血更少，提示微创平台实施该术式具有可行性；进一步倾向评分匹配研究<sup>[37]</sup>提示，3级胰腺系膜切除可显著增加胰头癌的R<sub>0</sub>切除率，且R<sub>0</sub>切除患者5年生存率显著增加，但3级胰腺系膜切除与标准切除相比未能获得生存优势。谭盛强等<sup>[38]</sup>则将胰腺膜解剖主要分为三个层面：十二指肠外侧腹膜返折-肾前筋膜前间隙、胰下筋膜-胰腺背侧深筋膜层面，以及胰腺深筋膜-SMA右侧筋膜层面，并通过17例的病例报告分析，初步证明了膜解剖理论在LPD中应用的安全性与可行性。总体而言，与传统扩大切除已有RCT评价不同，膜解剖相关术式目前仍主要停留在回顾性和技术性探索阶段，证据层级明显较低。因此，现阶段尚缺乏充分证据证明膜解剖理论的应用能够稳定转化为生存获益。笔者认为，该理论在胰腺外科中的进一步推广，仍有待更扎实的解剖学研究和更高等级临床证据支持，而不宜先于证据推广手术实践。

## 3 NAT与PD

近年来，随着NAT在交界可切除胰腺癌（borderline resectable pancreatic cancer, BRPC）中被证实可提高R<sub>0</sub>切除率并改善长期生存，同时使部分局部进展期胰腺癌（local advanced pancreatic cancer, LAPC）患者获得降期后切除的机会，国内外指南逐步将NAT纳入BRPC与LAPC的标准化术前治疗路径之一<sup>[39-41]</sup>。然而，NAT在带来肿瘤学获益的同时，也会诱发炎症-纤维化反应，一方面可加重肿瘤与周围组织粘连、增加术中解剖与血管分离难度，另一方面可能模糊残余肿瘤与正常组织的界面，增加病理判读复杂性<sup>[42]</sup>。在此背景下，

MIPD 迎来新挑战,其一,NAT后患者是否适合接受MIPD;其二,NAT后切缘状态的预后意义是否发生变化;其三,BRPC与LAPC患者NAT后应采取何种切除范围。

### 3.1 NAT背景下MIPD的适用性

笔者认为,MIPD并非不适用于NAT后患者,其手术可行性的核心仍在于手术复杂性与术者经验、中心能力之间的匹配。NAT可诱发明显的炎症-纤维化反应,导致组织水肿、充血及粘连形成,并使部分病例合并静脉切除重建或命名动脉周围锐性分离,从而显著增加微创切除难度。尽管微创平台所提供的放大视野有助于组织间隙辨识,并可能为粘连分离提供一定优势,但鉴于此类患者常伴血管接触,血管处理复杂且术中出血风险较高,仍应接受严格的术前影像学评估,并尽可能由已跨越学习曲线、具备复杂血管周围解剖处理及血管重建能力的术者主刀。现有回顾性研究及国际共识亦提示,在高容量胰腺中心,由经验充分的团队对NAT后的BRPC患者实施LPD和RPD总体上是安全可行的<sup>[43-44]</sup>。然而,这并不意味着所有NAT后病例都适合接受MIPD,应以患者安全为底线,当预计微创路径难以保证切除安全性时,宜优先选择开腹手术,术中如遇解剖层面不清或操作风险超出预期,也应及时中转开腹。

### 3.2 NAT背景下的切缘管理

NAT对MIPD的挑战不仅在手术操作层面,也在于肿瘤学评估和切缘决策。NAT后的炎症-纤维化反应会掩盖残余肿瘤与正常组织界面,使切缘判读更为复杂,并促使学界反思为追求切缘阴性而追加切除的合理性<sup>[42]</sup>。Malleo等<sup>[45]</sup>在多中心队列研究中显示:对NAT后胰腺癌患者,若首次冷冻切片提示胰颈切缘阳性,追加胰腺切除至切缘阴性的方案未能改善生存预后,其转阴后的中位生存时间与切缘阳性者无显著差异。在临床实践中,当胰颈切缘持续阳性且进一步追加切除已接近或涉及SMA左侧区域时,复杂的血管解剖关系与NAT后组织与血管的致密粘连会进一步增加血管损伤与术中出血风险。若长期生存未能证实获益,则在围手术期安全优先的前提下,不追加切除具有其合理性。然而,对于经验丰富且具备切缘延伸切除及血管处理能力的术者而言,若围手术期风险可控,为潜在具有长期生存机会的患者争取更彻底的局部控制,能否转化为远期生存获益,

仍是一个尚未解决的问题,现有证据尚不足以作出明确回答。未来仍需在统一NAT后病理切缘判定标准的基础上,以更高等级证据验证不同切缘处理策略的肿瘤学价值。

### 3.3 NAT背景下的切除范围

NAT后炎症-纤维化反应不仅增加病理判读的复杂性,也会影响术前影像学对可切除性的评估,并干扰术中切除平面的判断。与此同时,接受NAT的患者常伴有不同程度的血管侵犯或治疗后残余血管接触,因此,NAT后是否需要扩大切除范围、扩大至何种程度,以及是否应行动脉切除重建,已成为值得进一步探讨的问题。目前也有探索性的研究。鉴于PD联合动脉切除重建长期以来与较高的死亡率和严重并发症发生率相关,其安全性和适应证至今仍存在争议,尚未成为被广泛接受的常规策略。2017年,Hackert团队<sup>[46-47]</sup>提出海德堡三角清扫,将清扫区域聚焦于腹腔干/肝总动脉、SMA与门静脉-肠系膜上静脉(portal vein/superior mesenteric vein, PV-SMV)轴之间的胰后三角区,通过血管骨骼化清除两条动脉与PV-SMV之间的软组织,旨在不进行动脉重建的前提下,更完整地清扫胰腺癌局部复发的高危区域,从而在手术安全与肿瘤根治间获得平衡。现有回顾性研究<sup>[48-49]</sup>及Meta分析<sup>[50-51]</sup>提示,该术式可能有助于降低局部复发率、增加2年生存率与淋巴结获取数,但其代价是手术时间的延长和术后腹泻的增多。微创背景下的海德堡三角清扫亦处于初步探索阶段,现有腹腔镜<sup>[52]</sup>和机器人<sup>[53-54]</sup>平台研究总体提示其在高容量中心具有可行性,但证据仍主要来自回顾性研究,且同样伴随腹泻等并发症增加。需要指出的是,部分研究尝试将海德堡三角清扫常规应用于胰头癌患者,这与其最初面向NAT后局部高风险复发区域的设计初衷并不完全一致。若将该术式进一步泛化至可切除胰腺癌,在尚未证实生存获益的前提下,可能带来手术时间延长、术中出血量增加及术后腹泻等额外负担,因此其扩大应用仍需审慎评估。另一方面,其在NAT后患者中的治疗价值亦有待高质量RCT进一步验证。综合来看,NAT后手术切除范围仍是一个有待进一步界定的领域;对于部分标准切除难以实现满意局部清扫的病例,海德堡三角清扫可作为经验丰富术者在高容量中心内选择性开展的探索性策略,但其实施仍应以患者安全为底线,而不应演

变为对肿瘤根治的盲目追求。

### 3.4 新辅助抗炎治疗的探索

最后,笔者提出一个值得探索的方向,即胰腺癌的新辅助抗炎治疗设想。胰腺癌与炎症关系密切,一方面肿瘤可阻塞胰管诱发急性胰腺炎,另一方面肿瘤微环境能募集炎症细胞,激活炎症通路,形成促癌炎症网络<sup>[55]</sup>。对于外科手术而言,更直接的问题在于局部炎症反应会显著增加切除难度:组织水肿可导致术野模糊并影响镜下操作连贯性,肿瘤周围尤其是肿瘤-血管间的炎症性粘连会限制钝性分离,而锐性分离又可能增加血管损伤和出血风险,同时还可能造成对血管侵犯范围的高估。既往研究<sup>[56-58]</sup>提示,联合门静脉切除的PD病例中仅约60%存在真性血管侵犯,其余40%实为炎症粘连在形态上模拟了肿瘤浸润,肉眼难以分辨所致的非必要血管切除。为揭示炎症与手术难度的关系,笔者团队的回顾性研究亦观察到,伴炎症反应的LPD手术时间更长(300 min vs. 250 min,  $P<0.001$ )、术中输血率更高(19.74% vs. 6.25%,  $P=0.020$ )、严重并发症更多(26.4% vs. 10.7%,  $P=0.004$ )。值得注意的是,SMV-PV部分切除修补、中转开腹均来自炎症组。这些结果提示,炎症状态不仅与手术难度相关,也可能进一步影响围手术期安全。基于上述观察,笔者认为,在标准NAT框架内探索针对局部炎症反应的术前干预,或许是一个值得探索的方向。此类策略若能与新辅助化疗同步推进,理论上既可避免因额外治疗环节而延误肿瘤治疗,又可能在一定程度上减轻化疗相关及局部炎症反应,从而降低手术难度并改善围手术期安全。不过,就目前而言,这一设想缺乏证据支持,具体适应证、干预时机、药物选择及疗程设计均有待探索。

## 4 总结与展望

MIPD的发展应始终围绕安全与根治两条主线展开。所谓安全底线,在术者经验与中心能力达到相应要求的前提下,既取决于病例复杂性与术者能力之间的合理匹配,尤其是NAT背景、血管处理需求等因素会显著增加手术难度;也取决于关键手术技术应用的规范性与适配性,包括根据胰腺质地、胰管条件及微创平台特点选择恰当的胰肠吻合方式。在此基础上,MIPD进一步追求的

才是肿瘤根治。现有证据已初步表明,在成熟团队和高容量中心中,MIPD可获得与OPD相近的切缘阴性率和R<sub>0</sub>切除率。然而,胰腺癌的局部复发率仍较高,长期预后仍不理想,提示肿瘤根治问题尚未真正解决。为进一步强化局部控制,传统广泛扩大切除并未显示明确生存获益;TMpE等理念仍有待更清晰的解剖学界定和更高等级循证医学证据支持。与此同时,海德堡三角清扫为NAT后的切除范围优化提供了新的探索方向,但其临床价值同样仍需高质量研究进一步验证,而NAT所致的炎症-纤维化反应使切缘判读、追加切除和切除范围决策变得更为复杂,对安全与根治之间的平衡提出了更高要求。未来,MIPD仍需在更精细的难度分层、更合理的关键技术选择与术中决策以及更高等级证据支持下,进一步明确其在复杂病例、扩大切除及NAT背景中的合理边界,以在安全底线之上追求更充分的肿瘤根治。

作者贡献声明:卓浚哲负责文献检索、稿件初稿撰写;罗琦滢负责文献补充检索、稿件撰写;王敏负责文章框架制定、写作指导、稿件审阅与批判性修订。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。本研究未接受可能影响结果公正性的商业或机构资助。

### 参考文献

- [1] Barreto SG, Strobel O, Salvia R, et al. Complexity and experience grading to guide patient selection for minimally invasive pancreatoduodenectomy: an international study group for pancreatic surgery (ISGPS) consensus[J]. *Ann Surg*, 2025, 281(3): 417-429. doi:10.1097/SLA.0000000000006454.
- [2] 邓弘扬,魏丰贤,徐小东.胰十二指肠切除术后胰肠吻合技术与胰痿预防策略研究现状[J]. *中国普通外科杂志*, 2020, 29(9):1126-1133. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.09.014.  
Deng HY, Wei FX, Xu XD. Current status of pancreaticojejunostomy technique for pancreatoduodenectomy and prevention strategies for pancreatic fistula[J]. *China Journal of General Surgery*, 2020, 29(9):1126-1133. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.09.014.
- [3] van Hilst J, de Rooij T, Bosscha K, et al. Laparoscopic versus open pancreatoduodenectomy for pancreatic or periampullary tumours (LEOPARD-2): a multicentre, patient-blinded, randomised controlled phase 2/3 trial[J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2019, 4(3):199-207. doi:10.1016/S2468-1253(19)30004-4.

- [4] Palanivelu C, Senthilnathan P, Sabnis SC, et al. Randomized clinical trial of laparoscopic versus open pancreaticoduodenectomy for periampullary tumours[J]. *Br J Surg*, 2017, 104(11):1443-1450. doi:10.1002/bjs.10662.
- [5] 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[J]. *Ann Surg*, 2021, 273(1):145-153. doi:10.1097/sla.0000000000003190.
- [6] Zhang T, Zhao ZM, Gao YX, et al. The learning curve for a surgeon in robot-assisted laparoscopic pancreaticoduodenectomy: a retrospective study in a high-volume pancreatic center[J]. *Surg Endosc*, 2019, 33(9):2927-2933. doi:10.1007/s00464-018-6595-0.
- [7] Wang M, Pan S, Qin T, et al. Short-term outcomes following laparoscopic vs open pancreaticoduodenectomy in patients with pancreatic ductal adenocarcinoma: a randomized clinical trial[J]. *JAMA Surg*, 2023, 158(12):1245. doi:10.1001/jamasurg.2023.5210.
- [8] Wang M, Li D, Chen R, et al. Laparoscopic versus open pancreaticoduodenectomy for pancreatic or periampullary tumours: a multicentre, open-label, randomised controlled trial[J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2021, 6(6):438-447. doi:10.1016/S2468-1253(21)00054-6.
- [9] Liu Q, Li M, Gao Y, et al. Effect of robotic versus open pancreaticoduodenectomy on postoperative length of hospital stay and complications for pancreatic head or periampullary tumours: a multicentre, open-label randomised controlled trial[J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2024, 9(5):428-437. doi:10.1016/S2468-1253(24)00005-0.
- [10] Klotz R, Mihaljevic AL, Kulu Y, et al. Robotic versus open partial pancreaticoduodenectomy (EUROPA): a randomised controlled stage 2b trial[J]. *Lancet Reg Health Eur*, 2024, 39:100864. doi:10.1016/j.lanepe.2024.100864.
- [11] de Graaf N, Emmen AMLH, Ramera M, et al. Minimally invasive versus open pancreaticoduodenectomy for resectable neoplasms[J]. *NEJM Evid*, 2025, 4(12): EVIDoA2500045. doi:10.1056/EVIDoA2500045.
- [12] Qin RY, Kendrick ML, Wolfgang CL, et al. International expert consensus on laparoscopic pancreaticoduodenectomy[J]. *Hepatobiliary Surg Nutr*, 2020, 9(4):464-483. doi:10.21037/hbsn-20-446.
- [13] Napoli N, Donisi G, Kauffmann EF, et al. External validation of the ISGPS complexity grading system for minimally invasive pancreaticoduodenectomy: insights from the IGOMIPS registry[J]. *Ann Surg*, 2024, 2024:06612. doi:10.1097/sla.0000000000006612.
- [14] Peng F, He RZ, Wang HB, et al. Development of a difficulty scoring system for laparoscopic pancreaticoduodenectomy in the initial stage of the learning curve: a retrospective cohort study[J]. *Int J Surg*, 2023, 109(4): 660-669. doi:10.1097/js9.000000000000180.
- [15] Tripepi M, Frigerio I, Girelli R, et al. Pancreatic anastomosis in minimally invasive pancreaticoduodenectomy: a systematic review of detailed techniques[J]. *Updat Surg*, 2026, 78(1):269-274. doi:10.1007/s13304-025-02381-0.
- [16] Hai H, Li Z, Zhang Z, et al. Duct-to-mucosa versus other types of pancreaticojejunostomy for the prevention of postoperative pancreatic fistula following pancreaticoduodenectomy[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2022, 2022(3): CD013462. doi:10.1002/14651858.cd013462.
- [17] 张津鸣, 沙洪存, 陈鸣宇. 力学原理在胰十二指肠切除术中的应用:“1管2针3缝”式胰肠吻合术(附视频)[J]. *中国普通外科杂志*, 2024, 33(9): 1422-1429. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.09.009.
- Zhang JM, Sha HC, Chen MY. Application of mechanical principles in pancreaticoduodenectomy: "1-tube, 2-needle, 3-suture" pancreaticojejunostomy (with video) [J]. *China Journal of General Surgery*, 2024, 33(9):1422-1429. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.09.009.
- [18] Warren KW, Cattell RB. Basic techniques in pancreatic surgery[J]. *Surg Clin N Am*, 1956, 36(3):707-724. doi:10.1016/S0039-6109(16)34896-4.
- [19] Kleespies A, Rentsch M, Seeliger H, et al. Blumgart anastomosis for pancreaticojejunostomy minimizes severe complications after pancreatic head resection[J]. *Br J Surg*, 2009, 96(7):741-750. doi:10.1002/bjs.6634.
- [20] 洪德飞, 刘亚辉, 张宇华, 等. 腹腔镜胰十二指肠切除术中“洪氏一针法”胰管空肠吻合的临床应用[J]. *中华外科杂志*, 2017, 55(2):136-140. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2017.02.012.
- Hong DF, Liu YH, Zhang YH, et al. The role of Hong's single-stitch duct to mucosa pancreaticojejunostomy in laparoscopic pancreaticoduodenectomy[J]. *Chinese Journal of Surgery*, 2017, 55(2):136-140. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2017.02.012.
- [21] Wang M, Xu S, Zhang H, et al. Imbedding pancreaticojejunostomy used in pure laparoscopic pancreaticoduodenectomy for nondilated pancreatic duct[J]. *Surg Endosc*, 2017, 31(4):1986-1992. doi:10.1007/s00464-016-4805-1.
- [22] Wang HY, Li MX, Xiu DR. Shark mouth pancreaticojejunostomy: a new enteric reconstruction procedure of pancreatic stump[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2019, 132(11):1354-1358. doi:10.1097/cm9.000000000000219.
- [23] Chen XP, Huang ZY, Lau JWY, et al. Chen's U-suture technique for end-to-end invaginated pancreaticojejunostomy following pancreaticoduodenectomy[J]. *Ann Surg Oncol*, 2014, 21(13):4336-4341. doi:10.1245/s10434-014-3823-2.

- [24] Lettner JD, Kuesters S, Fichtner-Feigl S, et al. Oncological survival in pancreatic head ductal carcinoma: hybrid minimally invasive versus open pancreatoduodenectomy—a single centre analysis[J]. *Int J Surg*, 2024, 110(11): 7106–7111. doi: 10.1097/j.s9.0000000000001949.
- [25] de Graaf N, Zwart MJW, van Hilst J, et al. Early experience with robotic pancreatoduodenectomy versus open pancreatoduodenectomy: nationwide propensity-score-matched analysis[J]. *Br J Surg*, 2024, 111(2):znae043. doi:10.1093/bjs/znae043.
- [26] Pine JK, Haugk B, Robinson SM, et al. Prospective assessment of resection margin status following pancreaticoduodenectomy for pancreatic ductal adenocarcinoma after standardisation of margin definitions[J]. *Pancreatology*, 2020, 20(3):537–544. doi:10.1016/j.pan.2020.01.004.
- [27] Wang W, Lou W, Xu Z, et al. Long-term outcomes of standard versus extended lymphadenectomy in pancreatoduodenectomy for pancreatic ductal adenocarcinoma: a Chinese multi-center prospective randomized controlled trial[J]. *J Adv Res*, 2023, 49: 151–157. doi:10.1016/j.jare.2022.09.011.
- [28] Pedrazzoli S, DiCarlo V, Dionigi R, et al. Standard versus extended lymphadenectomy associated with pancreatoduodenectomy in the surgical treatment of adenocarcinoma of the head of the pancreas: a multicenter, prospective, randomized study[J]. *Ann Surg*, 1998, 228(4):508–517. doi:10.1097/0000658-199810000-00007.
- [29] Jang JY, Kang MJ, Heo JS, et al. A prospective randomized controlled study comparing outcomes of standard resection and extended resection, including dissection of the nerve plexus and various lymph nodes, in patients with pancreatic head cancer[J]. *Ann Surg*, 2014, 259(4): 656–664. doi: 10.1097/sla.0000000000000384.
- [30] Nimura Y, Nagino M, Takao S, et al. Standard versus extended lymphadenectomy in radical pancreatoduodenectomy for ductal adenocarcinoma of the head of the pancreas: Long-term results of a Japanese multicenter randomized controlled trial[J]. *J Hepato Biliary Pancreat*, 2012, 19(3):230–241. doi:10.1007/s00534-011-0466-6.
- [31] Gockel I, Domeyer M, Wolloscheck T, et al. Resection of the mesopancreas (RMP): a new surgical classification of a known anatomical space[J]. *World J Surg Oncol*, 2007, 5(1): 44. doi: 10.1186/1477-7819-5-44.
- [32] Adham M, Singhirunnusorn J. Surgical technique and results of total mesopancreas excision (TMpE) in pancreatic tumors[J]. *Eur J Surg Oncol EJSO*, 2012, 38(4): 340–345. doi: 10.1016/j.ejso.2011.12.015.
- [33] Xu J, Tian X, Chen Y, et al. Total mesopancreas excision for the treatment of pancreatic head cancer[J]. *J Cancer*, 2017, 8(17):3575–3584. doi:10.7150/jca.21341.
- [34] 寿春晖, 覃吉超. 膜解剖腔镜胃癌根治术在加速康复外科理念中的作用与价值[J]. *加速康复医学杂志*, 2026, 9(1):1–4. Shou CH, Qin JC. The value of laparoscopic radical gastrectomy guided by membrane anatomy theory for gastric cancer in enhanced recovery after surgery concept[J]. *Medical Journal of Enhanced Recovery*, 2026, 9(1):1–4.
- [35] Filipoiu FM, Badea GT, Enyedi M, et al. Mesopancreas: anatomical insights and its implications for diagnosis and clinical and surgical practice[J]. *Diagnostics*, 2025, 15(7): 914. doi: 10.3390/diagnostics15070914.
- [36] Shyr BU, Shyr BS, Chen SC, et al. Mesopancreas level 3 dissection in robotic pancreatoduodenectomy[J]. *Surgery*, 2021, 169(2):362–368. doi:10.1016/j.surg.2020.07.042.
- [37] Shyr BS, Wang SE, Chen SC, et al. Mesopancreas dissection level 3 for pancreatic head cancer in combined robotic/open pancreatoduodenectomy: a propensity score-matched study[J]. *Surg Endosc*, 2025, 39(2): 1191–1199. doi: 10.1007/s00464-024-11475-6.
- [38] 谭盛强, 韦敏, 刘振, 等. 基于膜解剖理念的腹腔镜胰十二指肠切除术: 附 17 例报告[J]. *中国普通外科杂志*, 2022, 31(9):1145–1153. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2022.09.003. Tan SQ, Wei M, Liu Z, et al. Application of laparoscopic pancreaticoduodenectomy guided by membrane anatomy: a report of 17 cases[J]. *China Journal of General Surgery*, 2022, 31(9):1145–1153. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2022.09.003.
- [39] Springfield C, Bailey P, Büchler MW, et al. ESMO 2023 pancreatic cancer guidelines signal stepwise progress[J]. *Hepatobiliary Surg Nutr*, 2024, 13(2):362–365. doi:10.21037/hbsn-24-37.
- [40] Ghaneh P, Palmer D, Cicconi S, et al. Immediate surgery compared with short-course neoadjuvant gemcitabine plus capecitabine, FOLFIRINOX, or chemoradiotherapy in patients with borderline resectable pancreatic cancer (ESPAC5): a four-arm, multicentre, randomised, phase 2 trial[J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2023, 8(2):157–168. doi:10.1016/S2468-1253(22)00348-X.
- [41] 中国抗癌协会胰腺癌专业委员会. 中国抗癌协会胰腺癌整合诊治指南(精简版)[J]. *中国肿瘤临床*, 2023, 50(10):487–496. doi: 10.12354/j.issn.1000-8179.2023.20221544. China AntiCancer Association Committee of Pancreatic Cancer. China Anti-Cancer Association guidelines for the holistic integrative management of pancreatic cancer (abridged version)[J]. *Chinese Journal of Clinical Oncology*, 2023, 50(10):487–496. doi: 10.12354/j.issn.1000-8179.2023.20221544.
- [42] Wannasai K, Russo AR, Shroff SG, et al. Postneoadjuvant Whipple resections show significant residual microscopic tumor beyond grossly identified tumor bed: implications for accurate tumor

- staging[J]. *Am J Surg Pathol*, 2025, 49(12): 1207–1215. doi: 10.1097/pas.0000000000002465.
- [43] Liu R, Abu Hilal M, Besselink MG, et al. International consensus guidelines on robotic pancreatic surgery in 2023[J]. *Hepatobiliary Surg Nutr*, 2024, 13(1):89–104. doi:10.21037/hbsn-23-132.
- [44] Karam E, Rondé -Roupie C, Aussilhou B, et al. Laparoscopic pancreatoduodenectomy is safe for the treatment of pancreatic ductal adenocarcinoma treated by chemoradiotherapy compared with open pancreatoduodenectomy: a matched case-control study[J]. *Surgery*, 2025, 178: 108892. doi: 10.1016/j.surg.2024.09.041.
- [45] Malleo G, Lionetto G, Crippa S, et al. Reappraising the Role of Intraoperative Neck Margin Revision in Postneoadjuvant Pancreatoduodenectomy for Pancreatic Ductal Adenocarcinoma: A Multi-institutional Analysis[J]. *Ann Surg*, 2025, 282(6):1092–1101. doi:10.1097/sla.0000000000006322.
- [46] Hackert T, Strobel O, Michalski CW, et al. The TRIANGLE operation-radical surgery after neoadjuvant treatment for advanced pancreatic cancer: a single arm observational study[J]. *HPB (Oxford)*, 2017, 19(11):1001–1007. doi:10.1016/j.hpb.2017.07.007.
- [47] Schneider M, Strobel O, Hackert T, et al. Pancreatic resection for cancer: the Heidelberg technique[J]. *Langenbecks Arch Surg*, 2019, 404(8):1017–1022. doi:10.1007/s00423-019-01839-1.
- [48] Chen JH, Zhu LY, Cai ZW, et al. TRIANGLE operation, combined with adequate adjuvant chemotherapy, can improve the prognosis of pancreatic head cancer: a retrospective study[J]. *World J Gastrointest Oncol*, 2024, 16(5):1773–1786. doi:10.4251/wjgo.v16.i5.1773.
- [49] Klotz R, Hackert T, Heger P, et al. The TRIANGLE operation for pancreatic head and body cancers: early postoperative outcomes[J]. *HPB (Oxford)*, 2022, 24(3): 332–341. doi: 10.1016/j.hpb.2021.06.432.
- [50] 舒强, 徐波, 王青海, 等. 海德堡三角清扫胰十二指肠切除术与标准胰十二指肠切除术治疗胰腺癌疗效比较的Meta分析[J]. *中国普通外科杂志*, 2024, 33(9):1440–1450. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.09.011.
- Shu Q, Xu B, Wang QH, et al. Meta-analysis comparing the efficacy of pancreaticoduodenectomy with Heidelberg triangle operation and standard pancreaticoduodenectomy in the treatment of pancreatic cancer[J]. *China Journal of General Surgery*, 2024, 33(9):1440–1450. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.09.011.
- [51] Cao R, Xuan Y, Gong X, et al. Efficacy and safety of TRIANGLE operation for pancreatic head and body cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. *HPB (Oxford)*, 2026, 28(3): 286–295. doi: 10.1016/j.hpb.2025.12.030.
- [52] 王振勇, 孟宇, 李金超, 等. 海德堡三角清扫在腹腔镜胰十二指肠切除术治疗胰腺癌中的近期疗效[J]. *中华胰腺病杂志*, 2021, 21(4):282–286. doi:10.3760/cma.j.cn115667-20210202-00031.
- Wang ZY, Meng Y, Li JC, et al. Short-term outcome of Heidelberg triangle dissection in laparoscopic pancreaticoduodenectomy for pancreatic cancer[J]. *Chinese Journal of Pancreatology*, 2021, 21(4): 282–286. doi:10.3760/cma.j.cn115667-20210202-00031.
- [53] Kinny-Köster B, Habib JR, Javed AA, et al. Technical progress in robotic pancreatoduodenectomy: TRIANGLE and periaidventitial dissection for retropancreatic nerve plexus resection[J]. *Langenbecks Arch Surg*, 2021, 406(7): 2527–2534. doi: 10.1007/s00423-021-02261-2.
- [54] Kauffmann EF, Napoli N, Ginesini M, et al. Feasibility of “cold” triangle robotic pancreatoduodenectomy[J]. *Surg Endosc*, 2022, 36(12):9424–9434. doi:10.1007/s00464-022-09411-7.
- [55] Hayano K, Miura F, Wada K, et al. Diffusion-weighted MR imaging of pancreatic cancer and inflammation: Prognostic significance of pancreatic inflammation in pancreatic cancer patients[J]. *Pancreatology*, 2016, 16(1): 121–126. doi: 10.1016/j.pan.2015.10.004.
- [56] Kim HS, Chae H, Lim SY, et al. Implications of portal vein/superior mesenteric vein involvement in pancreatic cancer: a comprehensive correlation from preoperative radiological assessment to resection, pathology, and long-term outcomes. A retrospective cohort study[J]. *Int J Surg*, 2025, 111(4):2962–2972. doi:10.1097/js9.0000000000002307.
- [57] Takahashi S, Ogata Y, Tsuzuki T. Combined resection of the pancreas and portal vein for pancreatic cancer[J]. *Br J Surg*, 1994, 81(8):1190–1193. doi:10.1002/bjs.1800810837.
- [58] Riediger H, Makowiec F, Fischer E, et al. Postoperative morbidity and long-term survival after pancreaticoduodenectomy with superior mesenterico-portal vein resection[J]. *J Gastrointest Surg*, 2006, 10(8):1106–1115. doi:10.1016/j.gassur.2006.04.002.

( 本文编辑 熊杨 )

本文引用格式:卓浚哲,罗琦,王敏. 微创胰十二指肠切除术:在安全底线之上的根治追求[J]. *中国普通外科杂志*, 2026, 35(3):436–445. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.260066

Cite this article as: Zhuo JZ, Luo QL, Wang M. Minimally invasive pancreaticoduodenectomy: striving for oncologic radicality within the limits of safety[J]. *Chin J Gen Surg*, 2026, 35(3): 436–445. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.260066