

胰十二指肠切除术后胃排空延迟的研究进展

杨仕凡¹, 姚 博¹, 许志仁¹, 吴 涛^{2*}

¹昆明医科大学第二临床医学院, 云南 昆明

²昆明医科大学第二附属医院肝胆胰外科四病区, 云南 昆明

收稿日期: 2025年12月13日; 录用日期: 2026年1月7日; 发布日期: 2026年1月21日

摘 要

目前胰十二指肠切除术, 是治疗胰腺癌、下段胆管癌、壶腹周围癌的主要术式。胰十二指肠根治术由于切除范围大, 吻合术口多, 还需常规行淋巴结清扫, 有许多常见的并发症, 如: 术后胃排空延迟、胰瘘、术后出血、腹腔感染等, 其中胃排空延迟仍然是胰十二指肠切除术后最常见的并发症之一, 发生率为13.5%到40%以上不等, DGE常常导致患者住院时间增加, 生活质量降低, 甚至影响患者长期生存。本文根据国内、国际文献研究, 对DGE的定义与分型、导致该并发症的危险因素、发生机制、治疗进展及个性化预防策略进行综述, 提高对DGE的进一步认知, 加强对DGE的预防, 及选择个性化的治疗方式, 改善患者的预后。

关键词

胃排空延迟, 胰十二指肠切除术, 并发症, 治疗方法

Advances of Delayed Gastric Emptying after Pancreaticoduodenectomy

Shifan Yang¹, Bo Yao¹, Zhiren Xu¹, Tao Wu^{2*}

¹Second Clinical College, Kunming Medical University, Kunming Yunnan

²Department 4 of Hepatobiliary and Pancreatic Surgery, Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming Yunnan

Received: December 13, 2025; accepted: January 7, 2026; published: January 21, 2026

Abstract

Pancreaticoduodenectomy is the primary surgical intervention for the management of pancreatic

*通讯作者。

文章引用: 杨仕凡, 姚博, 许志仁, 吴涛. 胰十二指肠切除术后胃排空延迟的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(1): 1922-1932. DOI: 10.12677/acm.2026.161243

cancer, lower bile duct cancer, and periportal cancer. Given the considerable resection area and the numerous anastomotic orifices, a multitude of complications are to be expected, including, but not limited to, delayed gastric emptying, pancreatic fistula, and abdominal infection. Among these, delayed gastric emptying stands out as a prevalent complication following pancreaticoduodenectomy, with incidence rates ranging from 13.5% to over 40%. DGE frequently results in prolonged hospitalization, diminished quality of life, and, in some cases, impacts long-term survival. In this article, we undertake a comprehensive review of the definition and classification of DGE, the risk factors associated with this complication, its mechanisms, prevention strategies, and treatment progress according to the national and international literature. Our objective is threefold: first, to enhance the understanding of DGE; second, to improve the prevention of DGE; and third, to select personalized treatment to improve the prognosis of patients.

Keywords

Delayed Gastric Emptying, Pancreaticoduodenectomy, Complications, Treatment

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

胰十二指肠根治术(pancreaticoduodenectomy, PD)是治疗胰头及壶腹周围恶性肿瘤的标准术式。受益于微创技术、精细化解剖、围手术期监护及加速康复外科[1] (enhanced recovery after surgery, ERAS)的推进, PD 的围手术期死亡率已降至 5%以下, 安全性显著提升, 但总体并发症发生率仍高达 30%~50%, 提示“降低死亡”与“提升康复质量”之间仍存在鸿沟[2][3]。在诸多并发症中, 延迟胃排空(delayed gastric emptying, DGE)最为常见且最具“牵一发而动全身”的效应: 直接阻滞口服进食、延长胃管留置与住院时间, 增加再入院与医疗成本[4][5], 推迟辅助治疗启动, 并显著降低患者生活质量[6], 对心理健康亦产生消极影响, 出现焦虑和抑郁等负面情绪, 不利于康复进程[7][8]。因不同中心因围术期营养策略、术式与病例构成差异, 报道的 DGE 发生率仍高度一致。系统性综述显示总体 DGE 发生率约 27.7%, 其中具临床相关性的 B/C 级约 14.3%[9][10]; 单中心与数据库研究亦提示, DGE 的孤立性发生率在严格排除腹内感染与胰瘘后仍达 11%~20%不等[11][12], 在此背景下, 深入探究 DGE 的异质性、识别可修饰风险因子并构建简明的风险分层工具, 将成为推动精准围手术期管理与优化术式选择的关键步骤。

2. 定义及分级标准

胃排空延迟是指在无消化道机械性阻塞的情况下, 以胃排空功能障碍为核心表现的胃肠动力失调性疾病, 表现为早饱、餐后饱胀、恶心、呕吐、嗝气和腹胀, 多见于腹部外科手术后, 典型发生时间为术后 1~2 周患者开始经口进食期间。主要临床特征包括餐后上腹部胀满感、恶心及呕吐等症状, 通过呕吐排空、暂停经口进食及鼻胃管减压等措施通常可获得症状改善[13][14]。目前在国内外对于 DGE 的研究中, 为提高不同研究间的可比性, 常以 2007 年国际外科胰腺学会(International Study Group of Pancreatic Surgery, ISGPS)根据临床表现的严重程度, 提出了分级标准, 将 DGE 划分为 A、B、C 三个分级标准, 以是否能恢复口服、鼻胃管留置与再置管、恢复时间等指标界定严重程度。即在排除机械性梗阻等情况后, 根据术后持续留置鼻胃管(NGT)、进食固体食物时间、是否伴随呕吐以及是否应用促胃肠动力药物将其分为 3 级。A 级(轻度): 对恢复影响最小, 常见情形为 NGT 需要延长(约至术后 4~7 天)或术后 3 天后, 短

期再置管；术后第7天尚不能耐受固体，但通常不需肠外营养或侵入性救治。**B级(中度)**：需促动力药、肠内/肠外营养支持，常需再次置管；NGT多持续约8~14天；固体饮食耐受常推迟至术后两周内。**C级(重度)**：NGT持续>14天或反复置管；术后第21天仍不能耐受固体；多合并腹内并发症(胰瘘/脓肿等)并需全肠外营养和(或)介入/再干预，显著延长住院[15]。ISGPS分级与资源消耗及预后密切相关：A级多经短期保守治疗可恢复，C级往往需要肠外营养支持并显著延长住院[16]。

近年文献在不改变三级框架的前提下，主张将由并发症驱动的DGE单独报告，并明确记录拔管时间、首次固体进食及完全口服时间，以提升跨中心研究的可比性与可复现性[13]。

3. 病因及发病机制

PD术后DGE的病因复杂多样，术后DGE的发生并非单一原因，更多是多因素叠加的结果。常见原因有手术切除范围与吻合方式不同、糖尿病相关因素、药物因素等。DGE的发病机制尚未完全阐明，其病理生理过程复杂并涉及多重因素，因此根据目前的主流研究背景可大致分为以下三类：

3.1. 外科手术相关因素

根据既往研究普遍认为：胃肠道的节律调节中心坐落于小肠起始部位，承担着调控胃肠排空节律的重要职能。该调节中心接受上行神经纤维的调控，通过神经信号传递与平滑肌协同收缩，确保食物在胃内的正常转运。PD术式需要切除大范围的胃组织和十二指肠，导致这一关键节律调节中心的丧失，从而干扰残胃的蠕动节律和排空效能。Carlos Jiménez-Romero等在研究中发现卡哈尔间质细胞(Interstitial Cells of Cajal, ICC)是胃肠道平滑肌的天然起搏器[17]，能够产生缓慢波电位，调节胃肠道蠕动节律并维持正常的胃排空功能[18][19]。胰腺手术可能损伤ICC，从而导致DGE，但此结论仍需进一步探究。PD及相关手术也可牵拉、夹闭或切断迷走神经纤维，致胃体顺应性下降、胃窦部推进力减弱，从而表现为“胃窦部低动力，吻合出口阻力增加”的DGE。

3.2. 糖尿病相关因素

患有糖尿病可能是发生DGE的高危人群[18][20]，Bharucha等人的研究表明长期随访的糖尿病患者人群中，胃排空延迟非常常见，并且与“早期及长期的高血糖暴露”独立相关，与微血管并发症共现[21]。但目前糖尿病对PD术后DGE的影响机制仍不清楚，有研究猜测可能与糖尿病导致的胃肠自主神经病变相关，未有实验证实。此外，PD术后因需禁止经口进食、使用肠内、外营养等因素，常常会导致高血糖，通过激活(Advanced Glycation End-products-Receptor for Advanced Glycation End-products) AGEs-RAGE轴，影响线粒体氧化应激，引起免疫炎症、导致微血管缺血，从而使自主神经(迷走)受损、肠胶质细胞功能异常、神经递质与离子通道失衡、ICC减少及肠道菌群失调等多重机制共同损害肠神经系统，导致从食管到肛门直肠的广泛动力与分泌障碍[22]，对术后DGE也有一定的影响。Thomas等人通过研究发现，既往存在糖尿病(血糖波动大或伴自主神经病变者)，更易出现术后高血糖，可抑制胃窦相位收缩并干扰迷走-肠道反射，更可能削弱胃窦泵功能与幽门开放协调性，也就更易出现胃排空延迟[19][23]。

3.3. 药物相关因素

PD术后常需使用阿片类镇痛药、抗胆碱能药物、生长抑素及类似物等药物，均有可能直接或间接导致、加重DGE。Camilleri等人在细胞水平上的研究发现，阿片类药物可以抑制腺苷环化酶通道和钙通道，并激活K⁺通道；这导致随后抑制肠间神经元释放乙酰胆碱，抑制运动神经元释放嘌呤和/或一氧化氮(NO)，在胃中，阿片类药物刺激幽门括约肌张力和腹压，抑制胃窦收缩等胃运动，可能导致胃排空障碍、餐后

恶心和早饱,阿片类药物的使用在胃瘫患者中很常见,这会进一步加剧症状并使临床表现复杂化[24]。解痉药以及部分抗精神病药物具有明显抗胆碱能作用,通过阻断 M3 受体抑制胃窦相位性收缩、降低推进性蠕动与幽门协调,抑制胃顺应性,导致胃排空延迟, Grover M 等通过随机对照试验提示抗胆碱能对胃轻瘫症状无益,其抗胆碱能特性可加重 DGE 与饱胀,抗胆碱能的解痉药物以及抗精神病药物在 PD 术后管理中也经常使用,可一定程度上增加 DGE 的发生率[25]。生长抑素及类似物能够抑制促动力激素与乙酰胆碱释放,抑制胃酸与多种胃肠激素[26],增强非推进性收缩降低胃窦与小肠推进性活动,使胃肠道活动整体“减速”,延缓液体与固体 GE 并延长小肠转运时间,导致胃排空延迟[27] [28]。PD 术后因胰腺吻合需常规应用生长抑素及类似物抑制胰液等消化液分泌,减少术后胰瘘、出血等危及生命的风险。但对于已经出现 DGE 相关临床表现的患者来说,继续使用生长抑素可导致病情加重。

4. 诊断方法

DGE 是指在无机械性梗阻前提下出现早饱、餐后饱胀、恶心、呕吐、上腹胀痛等,由于上述症状不具有较强的特异性,因此,DGE 的诊断需要借助多种辅助检查手段来确定“客观测定的胃排空延迟”与“排除机械性梗阻/术后并发症的干扰”[13] [24]。通用(非手术) DGE 的诊断方法常包括胃排空显像,X 线钡餐造影、胃镜检查、超声评估及其他影像学技术等。不同诊断方法各有优势:胃排空显像可提供定量数据,X 线钡餐造影可以用于排除机械性梗阻,胃十二指肠镜可直接观察胃壁运动情况,超声相对简便易行,可行床旁检查并有一定预测性。临床上应根据患者具体情况选择合适的检查方法或联合应用。

4.1. 胃排空显像(Gastric Emptying Scintigraphy, GES)

25 年前,Griffith 等研究创建了胃排空核素显像技术[29],该方法通过监测放射性示踪剂标记的食物在胃内的清除动态来评价胃动力状态,已在国际医学界获得广泛接受,重现性与验证度俱佳,有望发展为诊断胃排空异常的标准化方法[30]。

4.2. X 线钡餐造影

X 线钡餐造影不仅能排除机械性问题,如:食管胃空肠吻合口、胃空肠吻合口水肿或狭窄、Roux 袢扭曲、幽门功能性或器质性狭窄、吻合口溃疡狭窄等“结构性梗阻”的病变。也能够精确测定胃内剩余食物量以及胃排空的时间进程。相关研究证实,X 射线检查在 DGE 的诊断中具有重要价值。当造影剂以细线状形态缓慢穿过胃肠吻合部位进入小肠时,表明胃排空功能出现障碍[20]。

4.3. 胃十二指肠镜检查

胃镜检查同样可以评估吻合口是否发生狭窄或阻塞,同时监测胃壁的蠕动活动。通常建议在手术后约 10 日实施胃镜检查,能够实时观察胃壁的收缩运动,检测胃肠连接处是否存在肿胀、糜烂或狭窄现象,并可发现空肠段是否出现扭曲或成角变形[31]。但此类检查方法不能客观量化胃排空速率,镇静状态或气体充盈可瞬时改变胃动力,导致结果偏差,推荐与胃排空显像互补使用,可提高准确率[32]。

4.4. 超声评估

超声技术在判断胃排空功能异常患者的胃内物质特征及胃腔体积方面表现出良好的应用前景,可以通过测量胃窦截面积,估算胃残余容量,决定何时经口进食[33] [34]。

5. 入路与吻合方式

临床与手术学观察一致表明,术中技术细节对术后 DGE 的发生起关键作用。尤其是消化道重建轴线

与张力校正不充分、吻合口条件欠佳,或因扭转、成角导致的通道受限,均可成为重要触发因素。当前可选的手术入路包括经典开腹 Whipple 术、腹腔镜与机器人辅助的微创胰十二指肠切除术,重建方法则包括了是否保留幽门,以及多种胃肠重建方式与吻合配置。

5.1. 手术入路

在成熟团队与中心化条件下,腹腔镜胰十二指肠切除术(Laparoscopic Pancreaticoduodenectomy, LPD)、机器人辅助胰十二指肠切除术(Robot-assisted Pancreaticoduodenectomy, RPD)较开放式胰十二指肠切除术(Open Pancreaticoduodenectomy, OPD)通常表现为失血更少、输血率更低、住院时长更短,严重并发症与短期死亡率总体相当;但手术时间普遍更长(与学习曲线、器械操作相关),早期推广阶段存在短期死亡率偏高等安全性隐忧[35]。肿瘤学结局(R0 切除率、淋巴结清扫数、总体生存期)整体三者无明显差异[36][37]。国外指南一致显示 DGE 发生率无统计学差异;虽然微创组通常手术时间更长、失血更少、住院更短如上所述,但 DGE 不随入路显著改变。多数综述与多中心经验表明,RPD 与 LPD、OPD 三者的 DGE 发生率相当;个别随机队列试验显示 RPD 转开腹率与失血量较 LPD 更低,但未转化为稳定的 DGE 差异。众多研究表明 DGE 更多与胰瘘(Postoperative Pancreatic Fistula, POPF)、腹腔感染、再手术等“继发性因素”相关,非单纯由入路决定[38]。

5.2. 术式选择

为降低 PD 术后 DGE 的出现,外科领域已尝试多种技术策略,包括 PD 术式的改进:(切除幽门 vs 保留幽门) [39] [40]、胃空肠吻合的重建方式(Billroth II 型 vs Roux-en-Y 式) [41] [42]、增加布朗氏肠肠吻合(Braun anastomosis, BA) [32],以及胃或十二指肠-空肠吻合的路径(结肠前 vs 结肠后) [43]。各类 PD 改良术式将会在后文进行详细叙述。然而,关于上述手术改良措施的随机对照试验(Randomized Controlled Trial, RCT)虽有报道,但仍然较匮乏且无统一且具有说服力的实验结局,因而尚无一致共识认定某一具体变式较其他更不易发生 DGE。

围绕延迟胃排空的发生与防控,胰十二指肠切除的核心分歧集中在是否保留幽门(Pylorus-Preserving Pancreaticoduodenectomy, PPPD)、是否只切除幽门环而保留大部分胃窦(Pylorus-Reserving Pancreaticoduodenectomy, PRPD/Single-Site Pylorus-Preserving Pancreaticoduodenectomy, SSPPD),以及消化道重建的路径与是否加做 BA。早期来自 Ulla Klaiber 等的前瞻性 RCT 显示,PPPD 与经典 Whipple (完全切除远端胃)在总体并发症与死亡率方面无显著差异,DGE 亦无一致性劣势[44];此结论在 Gurusamy KS 的系统 Meta 分析中得到相同结果,但各研究间异质性较高[45]。日本学者 Kawai M 等的 RCT 提示,切除幽门环的 PRPD/SSPPD 相较 PPPD 能显著降低 DGE 风险,同时维持较好的胃容量与营养潜力,实现功能与并发症间的更优平衡[20],在以 DGE 为焦点的 Meta 分析中得到了相同结论,并提出 PPPD 后幽门痉挛会降低胃排空的功能,是 DGE 发生率增加的关键因素之一[11]。相关结肠重建的细节对 DGE 的影响更为一致:多项高质量研究显示,结肠前吻合较后结肠后吻合可稳定降低 DGE [46],这可能归因于:与结肠后吻合相比,将胃空肠吻合前置置于结肠前方更有利于维持胃出口的顺直走行,减少吻合口处的折角与输出袢扭转,从而降低功能性梗阻与胃潴留的风险[47]。同时,前置路径使胃空肠吻合口与胰空肠、胆肠吻合在空间上分离更远,轻度胰瘘、胆瘘或腹腔感染所致的局部炎症、水肿与渗出对胃出口动力学的牵连效应相对减弱[48]。基于以上解剖与生理学考量,前置重建在预防延迟胃排空(DGE)方面已经表现出一定优势,成为优化术后胃排空的重要环节。Ming-quan Huang 等的 meta 分析研究发现,在 Billroth II 或 Roux-en-Y 基础上加做 BA 可进一步减少胆汁反流与输入袢扭曲,因而降低 DGE 与胃潴留的发生[49]。杨思捷等通过回顾性研究,也得出相似结论[50],但各研究间存在较大差异性,仍缺少权威、高质量的 RCT 进一步

证实此结论。总体而言,当代证据将“是否切除幽门环”和“重建通道选择、是否加 BA”确立为影响 DGE 的两大可操作杠杆,因此,合理选择手术方式可最大限度减少患者 DGE 发生的可能。

6. 预防与治疗

DGE 的发生并非单一病理过程,而是“功能性胃出口障碍 + 全身应激 + 局部并发症”三因素叠加的动态综合征,有效治疗的关键不在于某一种症状治疗,而在于以 ISGPS 分级为锚点,排除和处置可逆的驱动因素(见图 1)。因此,预防与治疗策略也显得尤为重要(见图 2)。

基本预防策略包括:术前谨慎评估患者营养风险(NRS-2002/GLIM 量表) [51] [52],适当行术前营养支持,严格控制血糖水平,纠正电解质代谢紊乱,评估并管理既往胃轻瘫或严重胃食管反流病(Gastroesophageal Reflux Disease, GERD);术中减少诱发因素,秉持温和组织操作、避免过度牵拉、降低吻合口张力的原则,优化重建路径,胃空肠“前结肠”路径优先,选择性的幽门干预,选择性 Braun 肠肠吻合,减少胆汁反流,综合降低 DGE 发生率;术后监督 ERAS 落地,早期下床、口香糖咀嚼,避免“常规保留”鼻胃管,症状导向的短期减压与早撤管,按耐受推进恢复饮食,高风险或早期不耐受者立即转肠内营养,促进术后快速恢复。优化阿片使用与监测,必要时过渡至多模态镇痛,多模态止吐,对极高风险或早期出现胃潴留征象者,可短程试用促动力(如甲氧氯普胺或小剂量红霉素),设置 48~72 小时评估节点,避免长期化。控制术后目标血糖;纠正低钾、低镁、低钠,常规使用 PPI 保护胃肠吻合口[53]。针灸作为治疗胃肠疾病的一种安全有效的疗法,能够通过调节神经机制、改善胃肠动力、减轻内脏敏感性 & 修复肠道微生物群等方式发挥作用,可作为 DGE 的辅助治疗方法。在 Kim 等学者的系统综述中,通过回顾性研究,评估了针灸对症状性胃轻瘫患者的效益和安全性,结果表明在短期内针灸可能会有所改善,但由于证据不确定,长期效果尚不明确[54]。Li 等人采用了前瞻性和回顾性的结合方式,发现确诊 DGE 患者以中医针灸方式治疗,效果可以与促胃肠动力药物相当[55]。针灸的临床证据仍有限,且许多研究的质量不高,但随着高质量研究的不断增加,针灸的应用在西方医学中的认可度与接受度逐渐提高。未来,针灸可能会在治疗胃肠疾病中扮演更为重要的角色,并为患者提供更多的疗法选择。

治疗策略:对于 ISGPS 定义下不同等级的 DGE 进行分层管理:

① 对 A 级 DGE:以观察、饮食调整为主,避免过度干预。重点监测日常症状,如:术后的恶心、呕吐、腹胀等不适;评估患者饮食状况并进行干预:少量多餐、低脂半流质、限制高纤维和含气饮料,口服摄入可达预计 60%时一般不需 TPN,必要时小剂量空肠管肠内营养;患者可下床活动时,原则上不使用或仅短程试用单一促动力药。

② 对 B 级 DGE:术后第 7 天一旦确诊 B 级 DGE,进行常规影像、胃镜检查排除机械性梗阻后,优先肠内营养支持治疗,幽门后(鼻空肠管或空肠造口)为主,摄入不足时联合 TPN 补足能量;促动力药物以小剂量甲氧氯普胺、红霉素为主;同时阿片类药物减量,联合镇痛泵等多模式镇痛;在启动促动力、肠内外营养后 48~72 h 必须复查影像学检查,复评 DGE 分级。

③ 对 C 级 DGE:术后 14 天仍未拔除胃管或已反复留置胃管,可确诊 C 级 DGE,明确诊断后行增强 CT、MRI、胃镜、碘水造影、营养风险等评估,分析导致 C 级 DGE 原因。若排除并发症因素(胰瘘、感染、吻合口狭窄等)导致 DGE,短期内以 TPN 为主要营养支持方式,同时给予足量促动力药物;必要时可在胃镜下行球囊扩张,或联合针灸等辅助治疗,并每 48~72 小时复查影像学检查以动态评估。若确认存在胰瘘、感染、吻合口狭窄等并发症,应在影像学充分评估基础上,经多学科协作(MDT)讨论后,选择介入引流、再次手术调整消化道重建、控制胰瘘等综合干预措施[56]。

这种以因果干预为先、营养为轴、药物为桥、内镜为兜底、针灸辅助的多学科整合模式,较单点式治疗更能匹配 DGE 的多因素本质,也更符合现代外科快速康复与以患者为中心的实践。

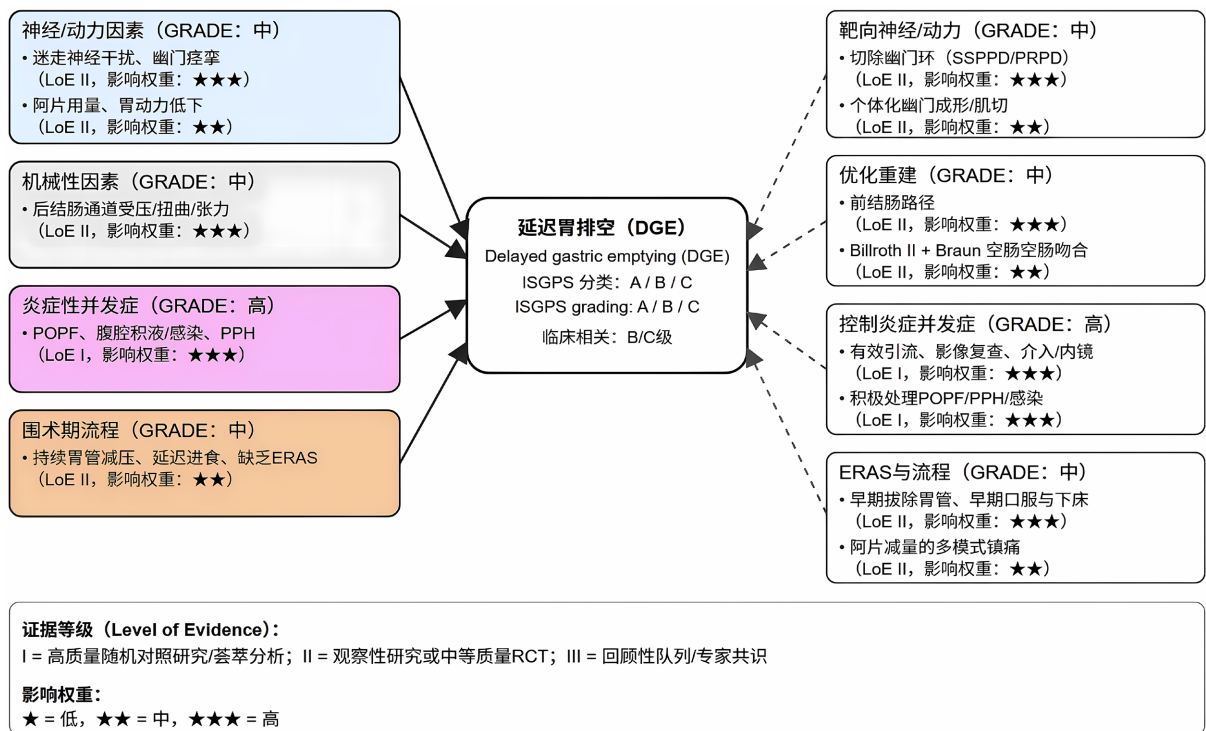


Figure 1. Causes and therapeutic targets of delayed gastric emptying (DGE)

图 1. 延迟胃排空(DGE)的成因与干预靶点

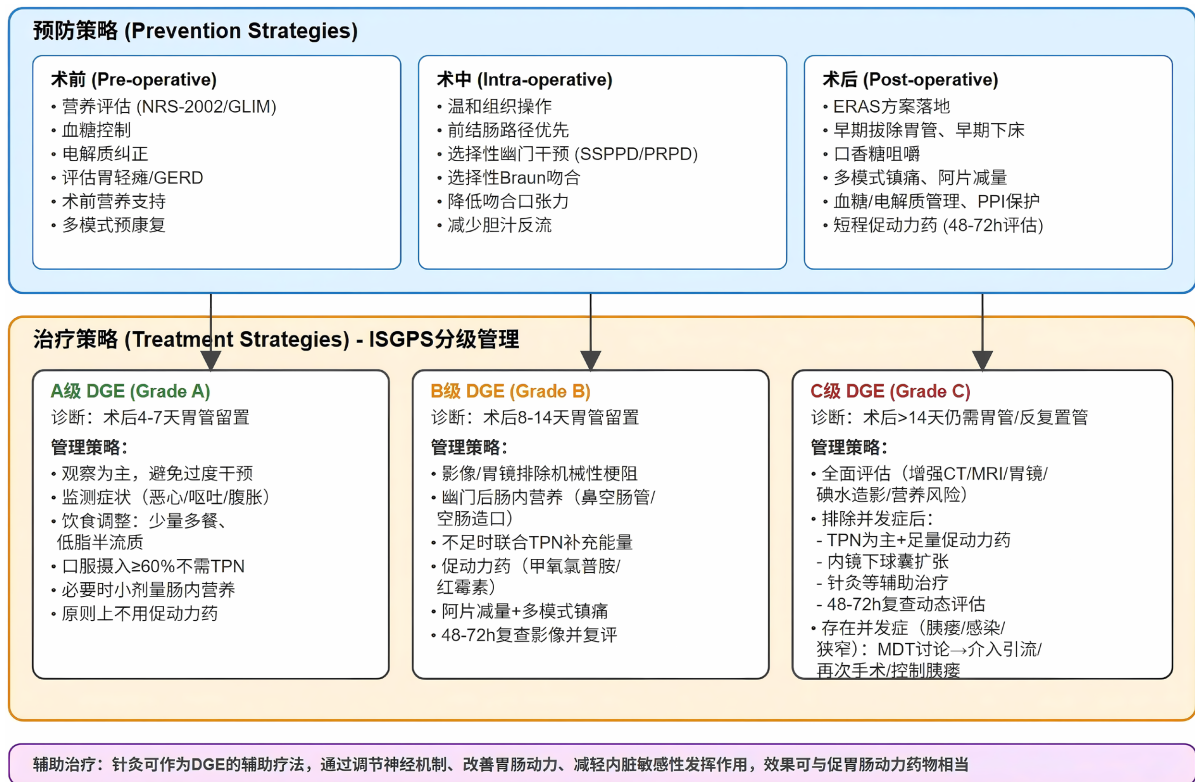


Figure 2. Prevention and treatment strategies for DGE

图 2. DGE 预防治疗策略图

7. 总结与展望

总体而言, 尽管 ERAS 理念的落实使 PD 术后 DGE 呈下降趋势, 但其仍是限制恢复的关键障碍。其发生并非单一因素, 系胃肠解剖与动力学重构叠加全身代谢应激与术后腹腔内并发症的综合表型。未来管理应从单纯只注重术式优劣的比较转向“全流程、可量化、可复制”的路径优化: 在 ISGPS 框架下明确原发性与继发性 DGE, 规范记录拔管时点、首次与完全口服固体食物, 结合 GES 等客观测量提升跨中心可比性; 以风险分层为入口, 整合糖尿病与血糖波动、营养与电解质失衡、阿片暴露、重建路线等变量, 实施围手术期个体化预防; 术中优先前结肠胃空肠重建, 审慎幽门干预并酌情加做 BA, 降低出口阻力与胆汁反流; 术后强调阿片减量与多模式镇痛、精准血糖控制、早期肠内营养与分阶段饮食推进, 对 B/C 级 DGE 设定 72 小时评估与升级节点, 必要时联合促动力药、影像/内镜功能评估与分级介入。机制研究应聚焦 ICC 功能、迷走神经-幽门通路、炎症-氧化应激与肠道菌群, 探索可修饰靶点与生物标志物; 并开展不同营养模式的前瞻性研究, 纳入患者报告结局与成本效益评价。依托多中心共享数据与机器学习工具, 建立可推广的风险预测与质量改进体系, 力求在保证肿瘤根治性、术后安全性的前提下, 进一步降低 DGE 发生率, 缩短住院时长并改善长期预后。

参考文献

- [1] Melloul, E., Lassen, K., Roulin, D., Grass, F., Perinel, J., Adham, M., *et al.* (2020) Guidelines for Perioperative Care for Pancreatoduodenectomy: Enhanced Recovery after Surgery (ERAS) Recommendations 2019. *World Journal of Surgery*, **44**, 2056-2084. <https://doi.org/10.1007/s00268-020-05462-w>
- [2] Wang, X.X., Yan, Y.K., Dong, B.L., Li, Y. and Yang, X.J. (2021) Pancreatic Outflow Tract Reconstruction after Pancreaticoduodenectomy: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *World Journal of Surgical Oncology*, **19**, Article No. 203. <https://doi.org/10.1186/s12957-021-02314-2>
- [3] Satoi, S., Toyokawa, H., Yanagimoto, H., Yamamoto, T., Yamao, J., Kim, S., *et al.* (2008) A New Guideline to Reduce Postoperative Morbidity after Pancreaticoduodenectomy. *Pancreas*, **37**, 128-133. <https://doi.org/10.1097/mpa.0b013e318162cb53>
- [4] Eisenberg, J.D., Rosato, E.L., Lavu, H., Yeo, C.J. and Winter, J.M. (2015) Delayed Gastric Emptying after Pancreaticoduodenectomy: An Analysis of Risk Factors and Cost. *Journal of Gastrointestinal Surgery*, **19**, 1572-1580. <https://doi.org/10.1007/s11605-015-2865-5>
- [5] Grossi, S., Lin, A., Wong, A., Namm, J., Senthil, M., Gomez, N., *et al.* (2019) Costs and Complications: Delayed Gastric Emptying after Pancreaticoduodenectomy. *The American Surgeon*TM, **85**, 1423-1428. <https://doi.org/10.1177/000313481908501242>
- [6] Francken, M.F.G., van Roessel, S., Swijnenburg, R., Erdmann, J.I., Busch, O.R., Dijkgraaf, M.G.W., *et al.* (2021) Hospital Costs of Delayed Gastric Emptying Following Pancreatoduodenectomy. *HPB*, **23**, 1865-1872. <https://doi.org/10.1016/j.hpb.2021.04.025>
- [7] Wente, M.N., Bassi, C., Dervenis, C., Fingerhut, A., Gouma, D.J., Izbicki, J.R., *et al.* (2007) Delayed Gastric Emptying (DGE) after Pancreatic Surgery: ISGPS Definition. *Surgery*, **142**, 761-768. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2007.05.005>
- [8] Ellis, R.J., Gupta, A.R., Hewitt, D.B., Merkow, R.P., Cohen, M.E., Ko, C.Y., *et al.* (2019) Risk Factors for DGE after PD in the Absence of Fistula/Infection. *Journal of Surgical Oncology*, **119**, 925-931. <https://doi.org/10.1002/jso.25398>
- [9] Qu, H., Sun, G.R., Zhou, S.Q., *et al.* (2015) Risk Factors for Delayed Gastric Emptying after Pancreatoduodenectomy: A Meta-Analysis. *Journal of Gastrointestinal Surgery*, **19**, 935-943.
- [10] Xu, X., Zheng, C., Zhao, Y., Chen, W. and Huang, Y. (2018) Enhanced Recovery after Surgery for Pancreaticoduodenectomy: Review of Current Evidence and Trends. *International Journal of Surgery*, **50**, 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2017.10.067>
- [11] Klaiber, U., Probst, P., Strobel, O., Michalski, C.W., Dörr-Harim, C., Diener, M.K., Büchler, M.W. and Hackert, T. (2018) Meta-Analysis of Delayed Gastric Emptying after Pylorus-Preserving versus Pylorus-Resecting Pancreatoduodenectomy. *British Journal of Surgery*, **105**, 339-349. <https://doi.org/10.1002/bjs.10771>
- [12] Park, J.S., Hwang, H.K., Kim, J.K., *et al.* (2009) Clinical Validation and Risk Factors for Delayed Gastric Emptying after Pylorus-Preserving Pancreatoduodenectomy Using ISGPS Classification. *World Journal of Surgery*, **33**, Article 114.

- [13] Camilleri, M., Parkman, H.P., Shafi, M.A., Abell, T.L. and Gerson, L. (2013) Clinical Guideline: Management of Gastroparesis. *American Journal of Gastroenterology*, **108**, 18-37. <https://doi.org/10.1038/ajg.2012.373>
- [14] Cai, X., Zhang, M., Liang, C., Xu, Y. and Yu, W. (2020) Delayed Gastric Emptying after Pancreaticoduodenectomy: A Propensity Score-Matched Analysis and Clinical Nomogram Study. *BMC Surgery*, **20**, Article No. 149. <https://doi.org/10.1186/s12893-020-00809-5>
- [15] Panwar, R. and Pal, S. (2017) The International Study Group of Pancreatic Surgery Definition of Delayed Gastric Emptying and the Effects of Various Surgical Modifications on the Occurrence of Delayed Gastric Emptying after Pancreatoduodenectomy. *Hepatobiliary & Pancreatic Diseases International*, **16**, 353-363. [https://doi.org/10.1016/s1499-3872\(17\)60037-7](https://doi.org/10.1016/s1499-3872(17)60037-7)
- [16] Eshuis, W.J., van Eijck, C.H.J., Gerhards, M.F., et al. (2010) Risk Factors for Delayed Gastric Emptying after Pancreatoduodenectomy and Impact of Route of Reconstruction. *Annals of Surgery*, **251**, 1067-1072.
- [17] Sanders, K.M., Koh, S.D. and Ward, S.M. (2006) Interstitial Cells of Cajal: Primary Regulators of Gastrointestinal Motility. *Annual Review of Physiology*, **68**, 307-343. <https://doi.org/10.1146/annurev.physiol.68.040504.094718>
- [18] Jiménez-Romero, C., de Juan Lerma, A., Marcacuzco Quinto, A., Caso Maestro, O., Alonso Murillo, L., Rioja Conde, P., et al. (2025) Risk Factors for Delayed Gastric Emptying after Pancreatoduodenectomy: A 10-Year Retrospective Study. *Annals of Medicine*, **57**, Article 2453076. <https://doi.org/10.1080/07853890.2025.2453076>
- [19] Abell, T.L., Kedar, A., Stocker, A., Beatty, K., McElmurray, L., Hughes, M., et al. (2020) Pathophysiology of Gastroparesis Syndromes Includes Anatomic and Physiologic Abnormalities. *Digestive Diseases and Sciences*, **66**, 1127-1141. <https://doi.org/10.1007/s10620-020-06259-6>
- [20] Shin, A., Camilleri, M., Busciglio, I., Burton, D., Smith, S.A., Vella, A., et al. (2013) The Ghrelin Agonist RM-131 Accelerates Gastric Emptying of Solids and Reduces Symptoms in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, **11**, 1453-1459.e4. <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2013.04.019>
- [21] Bharucha, A.E., Batey-Schaefer, B., Cleary, P.A., Murray, J.A., Cowie, C., Lorenzi, G., et al. (2015) Delayed Gastric Emptying Is Associated with Early and Long-Term Hyperglycemia in Type 1 Diabetes Mellitus. *Gastroenterology*, **149**, 330-339. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2015.05.007>
- [22] Pop-Busui, R., Boulton, A.J.M., Feldman, E.L., Bril, V., Freeman, R., Malik, R.A., et al. (2017) Diabetic Neuropathy: A Position Statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care*, **40**, 136-154. <https://doi.org/10.2337/dc16-2042>
- [23] Mori, H. (2024) Early Detection and Intervention in Diabetic Gastroparesis: Role of Body Surface Gastric Mapping. *World Journal of Gastroenterology*, **30**, 4836-4838. <https://doi.org/10.3748/wjg.v30.i45.4836>
- [24] Camilleri, M., Chedid, V., Ford, A.C., Haruma, K., Horowitz, M., Jones, K.L., et al. (2018) Gastroparesis. *Nature Reviews Disease Primers*, **4**, Article No. 41. <https://doi.org/10.1038/s41572-018-0038-z>
- [25] Grover, M., Farrugia, G. and Stanghellini, V. (2019) Gastroparesis: A Turning Point in Understanding and Treatment. *Gut*, **68**, 2238-2250. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2019-318712>
- [26] Patel, Y.C. (1999) Somatostatin and Its Receptor Family. *Frontiers in Neuroendocrinology*, **20**, 157-198. <https://doi.org/10.1006/frne.1999.0183>
- [27] Parkman, H.P., Hasler, W.L. and Fisher, R.S. (2004) American Gastroenterological Association Technical Review on the Diagnosis and Treatment of Gastroparesis. *Gastroenterology*, **127**, 1592-1622. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2004.09.055>
- [28] Staller, K., Parkman, H.P., Greer, K.B., et al. (2025) AGA Clinical Practice Guideline on Management of Gastroparesis. *Gastroenterology*, **169**, 828-861.
- [29] Szarka, L.A. and Camilleri, M. (2009) Gastric Emptying. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, **7**, 823-827. <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2009.04.011>
- [30] Farrell, M.B. (2019) Gastric Emptying Scintigraphy. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, **47**, 111-119. <https://doi.org/10.2967/jnmt.117.227892>
- [31] Degisors, S., Caiazzo, R., Dokmak, S., Truant, S., Aussilhou, B., Eveno, C., et al. (2022) Delayed Gastric Emptying Following Distal Pancreatectomy: Incidence and Predisposing Factors. *HPB*, **24**, 772-781. <https://doi.org/10.1016/j.hpb.2021.09.025>
- [32] Busquets, J., Martín, S., Fabregat, J., Secanella, L., Pelaez, N. and Ramos, E. (2019) Randomized Trial of Two Types of Gastrojejunostomy after Pancreatoduodenectomy and Risk of Delayed Gastric Emptying (PAUDA Trial). *Journal of British Surgery*, **106**, 46-54. <https://doi.org/10.1002/bjs.11023>
- [33] Van de Putte, P. and Perlas, A. (2014) Ultrasound Assessment of Gastric Content and Volume. *British Journal of Anaesthesia*, **113**, 12-22. <https://doi.org/10.1093/bja/aeu151>
- [34] Kruisselbrink, R., Gharapetian, A., Chaparro, L.E., Ami, N., Richler, D., Chan, V.W.S., et al. (2019) Diagnostic

- Accuracy of Point-of-Care Gastric Ultrasound. *Anesthesia & Analgesia*, **128**, 89-95.
<https://doi.org/10.1213/ane.00000000000003372>
- [35] Shen, M.R. and Waljee, J.F. (2019) Enhanced Recovery after Surgery Protocols: Can They Reduce Postoperative Opioid Use. *Annals of Surgery*, **270**, e72. <https://doi.org/10.1097/sla.00000000000003475>
- [36] Rikkers, L.F., Hoyt, D.B., Flum, D.R. and Malangoni, M.A. (2014) Quality. *Annals of Surgery*, **260**, 567-576.
<https://doi.org/10.1097/sla.0000000000000940>
- [37] de Rooij, T., van Hilst, J., Bosscha, K., Dijkgraaf, M.G., Gerhards, M.F., Groot Koerkamp, B., *et al.* (2018) Minimally Invasive versus Open Pancreatoduodenectomy (LEOPARD-2): Study Protocol for a Randomized Controlled Trial. *Trials*, **19**, Article No. 1. <https://doi.org/10.1186/s13063-017-2423-4>
- [38] Snyder, R.A., Ewing, J.A. and Parikh, A.A. (2020) Delayed Gastric Emptying after Pancreaticoduodenectomy: A Study of the National Surgical Quality Improvement Program. *Pancreatology*, **20**, 205-210.
<https://doi.org/10.1016/j.pan.2019.12.003>
- [39] Kawai, M., Tani, M., Hirono, S., Miyazawa, M., Shimizu, A., Uchiyama, K., *et al.* (2011) Pylorus Ring Resection Reduces Delayed Gastric Emptying in Patients Undergoing Pancreatoduodenectomy: A Randomized Controlled Trial. *Annals of Surgery*, **253**, 495-501. <https://doi.org/10.1097/sla.0b013e31820d98f1>
- [40] Zhou, Y., Lin, L., Wu, L., Xu, D. and Li, B. (2015) A Case-Matched Comparison and Meta-Analysis Comparing Pylorus-Resecting Pancreaticoduodenectomy with Pylorus-Preserving Pancreaticoduodenectomy for the Incidence of Postoperative Delayed Gastric Emptying. *HPB*, **17**, 337-343. <https://doi.org/10.1111/hpb.12358>
- [41] Probst, P., Hüttner, F.J., Klaiber, U., *et al.* (2016) Evidence Map of Pancreaticoduodenectomy Reconstruction Techniques and Delayed Gastric Emptying: A Systematic Review. *HPB*, **18**, 768-780.
- [42] Dai, S., Peng, Y., Wang, G., Yin, L., Yan, H., Xi, C., *et al.* (2023) Risk Factors of Delayed Gastric Emptying in Patients after Pancreaticoduodenectomy: A Comprehensive Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Surgery*. Publish Ahead of Print. <https://doi.org/10.1097/js9.0000000000000418>
- [43] Hüttner, F.J., Probst, P., Hackert, T., Ulrich, A., Büchler, M.W. and Diener, M.K. (2017) Meta-Analysis of Prophylactic Abdominal Drainage in Pancreatic Surgery. *British Journal of Surgery*, **104**, 660-668. <https://doi.org/10.1002/bjs.10505>
- [44] Klaiber, U., Probst, P., Büchler, M.W. and Hackert, T. (2017) Pylorus Preservation Pancreatectomy or Not. *Translational Gastroenterology and Hepatology*, **2**, 100-100. <https://doi.org/10.21037/tgh.2017.11.15>
- [45] Hüttner, F.J., Fitzmaurice, C., Schwarzer, G., Seiler, C.M., Antes, G., Büchler, M.W., *et al.* (2016) Pylorus-Preserving Pancreaticoduodenectomy (pp Whipple) versus Pancreaticoduodenectomy (Classic Whipple) for Surgical Treatment of Periapillary and Pancreatic Carcinoma. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, No. 2, CD006053.
<https://doi.org/10.1002/14651858.cd006053.pub6>
- [46] Toyama, H., Matsumoto, I., Mizumoto, T., Fujita, H., Tsuchida, S., Kanbara, Y., *et al.* (2020) Influence of the Retrocolic versus Antecolic Route for Alimentary Tract Reconstruction on Delayed Gastric Emptying after Pancreatoduodenectomy. *Annals of Surgery*, **274**, 935-944. <https://doi.org/10.1097/sla.00000000000004072>
- [47] Gangavatiker, R., Pal, S., Javed, A., Dash, N.R., Sahni, P. and Chattopadhyay, T.K. (2011) Effect of Antecolic or Retrocolic Reconstruction of the Gastro/Duodenojejunostomy on Delayed Gastric Emptying after Pancreaticoduodenectomy: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Gastrointestinal Surgery*, **15**, 843-852.
<https://doi.org/10.1007/s11605-011-1480-3>
- [48] Hüttner, F.J., Klotz, R., Ulrich, A., Büchler, M.W., Probst, P. and Diener, M.K. (2022) Antecolic versus Retrocolic Reconstruction after Partial Pancreaticoduodenectomy. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, No. 1, CD011862.
<https://doi.org/10.1002/14651858.cd011862.pub3>
- [49] Huang, M., Li, M., Mao, J. and Tian, B. (2015) Braun Enteroenterostomy Reduces Delayed Gastric Emptying: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Surgery*, **23**, 75-81.
<https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2015.09.038>
- [50] 杨思捷, 张辉, 王正峰, 等. Braun 吻合对胰十二指肠切除术后胃排空延迟的影响[J]. 临床肝胆病杂志, 2021, 37(7): 1652-1656.
- [51] Kondrup, J., Allison, S.P., Elia, M., Vellas, B. and Plauth, M. (2003) ESPEN Guidelines for Nutrition Screening 2002. *Clinical Nutrition*, **22**, 415-421. [https://doi.org/10.1016/s0261-5614\(03\)00098-0](https://doi.org/10.1016/s0261-5614(03)00098-0)
- [52] Cederholm, T., Jensen, G.L., Correia, M.I.T.D., Gonzalez, M.C., Fukushima, R., Higashiguchi, T., *et al.* (2019) GLIM Criteria for the Diagnosis of Malnutrition—A Consensus Report from the Global Clinical Nutrition Community. *Clinical Nutrition*, **38**, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.08.002>
- [53] 缪阳杨, 范松松, 彭睿, 等. 《CSCO 胰腺癌诊疗指南(2024)》更新要点解读[J]. 中国肿瘤临床, 2025, 52(9): 433-437.
- [54] Kim, K.H., Lee, M.S., Choi, T. and Kim, T. (2018) Acupuncture for Symptomatic Gastroparesis. *Cochrane Database of*

Systematic Reviews, No. 12, CD009676. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd009676.pub2>

- [55] Li, X., Liu, S., Liu, H. and Zhu, J. (2022) Acupuncture for Gastrointestinal Diseases. *The Anatomical Record*, **306**, 2997-3005. <https://doi.org/10.1002/ar.24871>
- [56] Camilleri, M., Kuo, B., Nguyen, L., Vaughn, V.M., Petrey, J., Greer, K., *et al.* (2022) ACG Clinical Guideline: Gastroparesis. *American Journal of Gastroenterology*, **117**, 1197-1220. <https://doi.org/10.14309/ajg.0000000000001874>