

吲哚菁绿荧光导航技术在腹腔镜保留十二指肠胰头切除术中的应用进展

张 帅, 侯立朝*

青海大学附属医院肝胆胰外科, 青海 西宁

收稿日期: 2023年7月23日; 录用日期: 2023年8月15日; 发布日期: 2023年8月22日

摘 要

随着胰腺头部良性和交界性肿瘤越来越早地被发现, 传统的胰十二指肠切除术(PD)已不再适用于临床。21世纪的外科手术已迈向精准治疗, 腹腔镜保留十二指肠切除术(LDPPHR)逐渐替代PD作为临床上常用的治疗方式, 具有多重优势, 但术后并发症的发生率仍然较高, 如何降低术后并发症的发生率逐渐成为现在LDPPHR研究的热点之一。本文主要就吲哚菁绿(ICG)荧光导航技术下的LDPPHR降低术后并发症的发生以及对患者远期预后的影响作一综述, 为以后ICG在LDPPHR中的临床运用提供一些参考依据。

关键词

吲哚菁绿, 荧光成像, 胰腺肿瘤, 保留十二指肠胰头切除术, 综述

Progress in the Application of Indocyanine Green Fluorescence Navigation Technique in Laparoscopic Reserved Duodeno-Pancreaticotomy

Shuai Zhang, Lizhao Hou*

Department of Hepatopancreatobiliary Surgery, Affiliated Hospital of Qinghai University, Xining Qinghai

Received: Jul. 23rd, 2023; accepted: Aug. 15th, 2023; published: Aug. 22nd, 2023

Abstract

As benign and borderline tumors in the head of the pancreas are discovered earlier, traditional

*通讯作者。

pancreaticoduodenectomy (PD) is no longer clinically applicable. Surgical operations in the 21st century have moved towards precision treatment. Laparoscopic duodenum-preserving pancreatic head resection (LDPPHR) has gradually replaced PD as a commonly used clinical treatment. It has multiple advantages, but the incidence of postoperative complications is still high. How to reduce the incidence of postoperative complications has gradually become one of the hot spots in LDPPHR research. This article mainly reviews the effect of indocyanine green (ICG) fluorescence navigation technology on LDPPHR to reduce the incidence of postoperative complications and the long-term prognosis of patients, so as to provide some references for the clinical application of ICG in LDPPHR in the future.

Keywords

Indocyanine Green, Fluorescence Imaging, Pancreas Neoplasms, Duodenum-Preserving Pancreatic Head Resection, Review

Copyright © 2023 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

保留十二指肠胰头切除术(duodenum preserving pancreatic head resection, DPPHR)最早在 1972 年被 Beger 教授及同事[1] [2]用于治疗慢性胰腺炎所引起的炎性肿块, 其后逐渐应用于治疗胰腺头部良性和交界性肿瘤中[3] [4]。由于腹腔镜技术的突飞猛进, Zhou [5]等人率先报道了将腹腔镜保留十二指肠的胰头切除术(laparoscopic duodenum-preserving pancreatic head resection, LDPPHR)用于胰腺实性假乳头状肿瘤 (SPNs)的病人, 取得了较好的治疗效果, 但 LDPPHR 术后仍有较严重的并发症, 尤其是胆漏的发生, 一旦患者发生胆漏, 可能会危及患者生命。由于术前 3D 重建、吲哚菁绿(indocyanine green, ICG)和术中超声的临床应用, 如何进一步提高 LDPPHR 的精准性以及减少术后并发症的发生已逐渐成为研究热点之一。近几年, 随着 ICG 作为荧光团的荧光成像在临床上的逐渐应用, 尤其是其在胆道系统以及肝段切除中的导航作用日渐凸显, ICG 荧光导航下的 LDPPHR 逐渐被报道, 主要用于预防术后并发症和维持胰腺功能, 本文就 ICG 在 LDPPHR 中的应用进展作一综述。

2. 吲哚菁绿荧光导航技术

ICG 于上世纪 50 年代首次被美国食品和药物管理局(Food and Drug Administration, FDA)批准, 当时主要用于评估心输出量和肝功能[6]。1970 年, 人们发现 ICG 结合蛋白质后可以被近红外光在 700~900 nm 下激发荧光, 峰值约为 830 nm, 由于 830 nm 的光很少被其他组织吸收, 所以经 ICG 发出的荧光信号可以穿透 5~10 mm 的结缔组织进行荧光成像[6] [7]。ICG 经静脉注射入血后, 可迅速与血浆蛋白结合并分布在血管中, 所以, ICG 也被广泛用于眼底血管造影[8]、冠状动脉旁路移植术[9]、以及胃肠道肿瘤手术中识别前哨淋巴结[10]。ICG 的半衰期为 3~4 分钟, 主要在肝脏中代谢消除并排泄到胆汁中去, 而胆汁中具有可以与其结合的蛋白质[11] [12], 比如白蛋白和脂蛋白等, 因此, 可以将排泄到胆汁中的 ICG 可以作为荧光源提高对胆道解剖结构的识别[13] [14], ICG 注射后 2 min 肝外胆管即可发出荧光, 8 min 时荧光强度达到峰值[13], 所以该技术在肝胆胰手术中也被用于解剖性肝段切除[15] [16]以及肝多房棘球蚴病的 R0 切除中[17]。

通常 ICG 注射方式分为术前外周静脉注射和术中经胆道直接注射,以术前经外周静脉注射最为常见,常用剂量为 2.5 mg/ml 或(0.05~0.5) mg/kg,临床上多选择 2.5 mg/ml,因为较容易配置,常用 ICG 灭菌注射用水稀释成 1 mL 溶液使用[18] [19]。术中经胆道注射常用于胆道损伤较大、胆漏风险较高的患者,临床上有使用 2.5 mg/ml 的固定剂量检测疑似损伤部位[20],也有指南推荐术中经胆管注射 0.025~0.25 mg/mL 的 ICG 检查术中胆漏状况[21]。

ICG 经外周静脉注射后,肝脏可在 2~5 分钟内发出荧光,胆道可在 8~10 分钟内发出荧光。静脉注射 ICG 后 30 分钟至 2 小时胆汁中浓度达到峰值,虽然 ICG 的胆汁排泄是在静脉注射后短时间内开始的,但 ICG 术前注射的时间、剂量不同,所得到的术中成像结果也不同,目前临床上较多为经验性用药,根据 Chen 等人的一项最新报道[22],至少要在术前 8 h 注射 10 mg ICG 才能获得较好的荧光胆管信号,而 van den Bos [19]等人则认为应该在术前 24 h 以内注射 ICG。事实上,肝外胆管中的 ICG 荧光胆管造影在单次外周静脉注射后肝外胆管显影持续长达 7 小时[13],术中一般不需要重复性使用 ICG,当术中检测胆漏或用以特定部位的血管造影时才使用术中注射 ICG。而且术前外周静脉注射 ICG 也节约了手术时间,与需要用导管插入术的造影剂相比,减少了对于胆管的损伤,对于一些困难胆管的探查,也证实了 ICG 的可视化性,比如 Wang [23]描述了两个案例,他们使用 ICG 荧光成像技术对肝十二指肠韧带周围广泛致密粘连而难以进行胆管探查(bile duct exploration, BDE)的患者进行胆总管(common bile duct, CBD)可视化,结果显示 CBD 在荧光引导下被快速检测到,术中不需要过度解剖广泛的致密粘连,避免了损伤胆总管和周围血管的机会。这说明使用 ICG 荧光成像在困难的 BDE 中检测 CBD 是有效和可行的。

选择正确的注射方式与剂量将会带来高质量的荧光成像效果,与传统的 IOC 胆管造影术相比具有潜在优势[14]。尽管荧光胆管造影术在注射时可能因个体差异存在局限性,但本技术仍然作为一种新颖、易于操控的导航工具受到较多关注,它不仅提供了肝外胆管的路线图,提高了安全性,又帮助术者识别肝外胆道的解剖结构,这对于胆道结构异常或因急性胆囊炎而难以进行腹腔镜胆囊切除术的患者也非常适用[24],因为接受胆囊切除的患者导致的医源性胆管损伤在临床上较为常见,而使用 ICG 做为荧光导航的无创成像方式降低了患者胆总管损伤的发生率,避免了患者生活质量的下降和较大的经济负担。

3. 荧光导航技术在 LDPPHR 中的应用

进入 21 世纪以来,随着多排螺旋 CT [25]和磁共振成像(MRI) [26]等技术的不断进步以及在临床上的大量普及,使得胰腺囊性肿瘤和神经内分泌肿瘤(neuroendocrine tumoren, NET)得以更早的发现。胰腺囊性肿瘤[4] [27]较为常见的主要有导管内乳头状粘液瘤(IPMN)、浆液性囊腺瘤(SCA)、粘液性囊性肿瘤(MCN)、实性假乳头状肿瘤(SPNs)。其中 IPMN、MCN 和 SPNs 是胰腺的癌前疾病,根据报道[28],IPMN 在 5 年内转为恶性的风险高达 63%,是一种典型的癌前病变;NET 最常见的是胰岛素瘤[29],在临床胃肠道以及胰腺中的神经内分泌肿瘤均被认为是潜在恶性肿瘤。所以早期进行手术切除是一种必要的防癌措施。

此外,患者多在早期即发现病灶,大多数病灶发现时尚未超过 5 cm 且并未侵犯十二指肠和远端胆总管。传统手术主要是使用 Whipple 型头部切除术,但切除的器官较多,术后并发症的发生率也较高。Sukharamwala [30]的一项荟萃分析证明,与胰十二指肠切除术(pancreaticoduodenectomy, PD)相比,LDPPHR 对于良性或低度恶性肿瘤在术后并发症发生率方面具有显著的优势。随着腹腔镜胰腺手术的发展,引入了 LDPPHR 的微创方法。LDPPHR 下的胰头部手术更为精准,利于患者的术后恢复和病死率,因此逐渐取代了传统治疗胰腺头部良性肿瘤的 PD 切除术做为标准手术方式[4] [27]。

Peng [31] (2012 年)和 Zhou [5] (2016 年)分别报道了腹腔镜下的 DPPHR, LDPPHR 做为主要的手术方式逐渐被报道,其术后并发症也凸显了出来,最为严重的并发症之一就是胆管的损伤, Beger [27]教授发

现在开放性 DPPHR 中有 8.4% 的胆道并发症, 而 Cao [3] 等人首次报道了 LDPPHR 的患者, 并指出术后胆漏发生率为 16.7%, 机器人辅助下的 LDPPHR 胆漏发生率也很高, 比如 Yu [32] 等人也观察到了 LDPPHR 术后 11.8% 的胆漏发生。近 5 年来, 又有几十例病例报道了 LDPPHR 术后胆漏发生率为 4.5%~16.7%, 较严重的胆漏可能会导致患者致命的危险。胆漏的发生可能跟术中误伤远端胆总管有关, 远端胆管嵌入胰腺头部形成隐形胆管, LDPPHR 术中术者牵拉胰头或者过多剥离胆管都会造成胆管的细小损伤, 从而带来严重的术后并发症, 如何避免较高的胆管损伤从而更好的预防术后并发症成为了近几年研究的热点之一。

2009 年, Ishizawa [14] 介绍了在术中使用 ICG 荧光成像来胆管成像, 用于术中能够实时识别胆道解剖结构, 避免医源性胆道损伤。Cai [33] 等人的研究中首先提出来使用吲哚菁绿做为荧光导航进行术中胆管造影成像, 来识别远端胰腺内部的嵌入型胆道结构, 在其研究中共纳入了 24 名患者, 均进行了荧光导航下的 LDPPHR (仅有 1 名患者实施了全胰头切除加节段性十二指肠切除术), 没有患者转为开腹手术。所有患者术前开始时经静脉注射 5 mg 的 ICG, 2 min 后肝外胆管即可发出荧光, 其中 3 人术后发生胆瘘, 发生率为 12.5%, 2 例经内科治疗后痊愈, 另一例经皮引流后治愈, 术后胰瘘发生率为 45.8%, B 级胰瘘发生率为 4.2%, 但未出现严重的 C 级胰瘘, 所有病人均未出现死亡。虽然其术后胰瘘发生率较高, 但其 B/C 级胰瘘的发生率为 4.2%, 比较 Beger [27] 等人报道的 DPPHR 后 B/C 级胰瘘的发生率为 13.6%, 仍然是减少了患者的胰瘘发生率, 这可能与胆漏的发生率下降有关。尤其是 Lu [20] 等人在 Cai [33] 等人研究的基础上改进实验, 使用对照研究, 将纳入的 25 名接受 LDPPHR 患者分为 ICG 组和非 ICG 组, 术后胆瘘仅 1 人, 且该患者术中并没有使用 ICG, 且 CBD 被结缔组织包裹过严而无法准确识别, 与没有使用术中 ICG 荧光导航的胆管观察相比, 在 ICG 导航组中, 荧光胆管造影在目标区域成功识别了 14 个(93.3%) CBD, 而对于其余 10 名没有 ICG 荧光引导的患者, 只有 5 名(50%) 患者在没有荧光胆管造影的情况下实际识别出目标区域的 CBD, ICG 的使用并没有延长手术的时间, 相反使用 ICG 荧光导航的胆道造影提高了检测能力(93.3%对 50%), 本项研究进一步提出了优化 ICG 的剂量与注射时间, 术者对比了术前 24 h 外周静脉分别注射 0.5 mg/kg、0.25 mg/kg, 术前 12 h 外周静脉注射 0.5 mg/kg 和术中静脉注射 0.5 mg/kg, 最终得出术前 24 h 注射 0.5 mg/kg 的具有最高的荧光强度比。Zhang [34] 等进行的一例荧光下 LDPPHR 切除术, 术中使用 ICG 进行胆管造影时发现在荧光下, 部分胆管壁太过薄弱, 术者使用了 5-0 的 Prolene 缝合线进行了预防性缝合, 术后患者并未出现胆漏, 这更说明了 ICG 在术中识别胆管的准确性。良好的 ICG 荧光导航技术可以使术者在术中能够更好的识别出胆道解剖结构, 从而减少了术后并发症的发生。

据报道 LDPPHR 手术较为常见的适应症为出现临床症状的 IPMN [20] [33] [35], 其次是 SCA 和 MCN, 而其中大多数 MCN、SPN 和 PNE 的患者多为预期寿命较长的中年人, 与传统的 PD 切除术相比, LDPPHR 不仅保留了 CBD 和 Oddi 括约肌的结构完整性, 保证了生理性胆汁分泌功能, 更降低了患者胰腺外分泌和内分泌功能受损的可能性, 尤其是 Lu [20] 等人的研究中, 在中位随访时间达 26.6 个月后, 仅 1 位患者出现了胰腺的外分泌功能障碍, 并在补充胰酶治疗后症状得到缓解, 胰腺内分泌障碍并未发生, 这与传统的 PD 术后患者新发的胰腺内分泌功能障碍发生率升高正好相反[36], Beger [4] 教授的荟萃研究中也证实了 DPPHR 并未引起胰腺外分泌和内分泌功能的任何降低。说明 DPPHR 具有远期预后好, 并发症较少以及生存质量较高等优势, 这对于在无症状病变接受手术的患者中应用 LDPPHR 切除术, 不仅对患者身体上获益, 更在心理上使患者减少了对胰腺肿瘤的恐惧。

经典的 DPPHR [1] [2] 手术沿十二指肠保留胰腺边缘, 以保留胰十二指肠动脉弓, 确保十二指肠和远端 CBD 有足够的血液供应, Takada [37] 等人又对十二指肠周围血管保留提出了不同的看法, 目的都是为了保证十二指肠更好的血供, 避免其缺血坏死。近年来, 有报道称 ICG 还可以识别十二指肠血供的完整性。比如日本学者 Kurata [38] 研究的 1 例十二指肠动静脉畸形(AVM)中就成功地进行了 ICG 血管造影以

在术中识别十二指肠 AVM, 清晰的确认了手术中的切缘, 成功切除了十二指肠 AVM。Zhang [34]等人研究中报告了一种使用 ICG 荧光成像来可视化血流、组织灌注、CBD 导航和胆漏评估的术中血管造影技术, 通过术中多次注射 ICG, 发现胰十二指肠前下动脉(AIPDA)和胰十二指肠后下动脉(PIPDA)可以清晰显影, 十二指肠的分支也可以清晰显示, 术后随访患者未发现缺血性胆道狭窄和十二指肠缺血坏死。Hong [35]等人应用 ICG 可视化作用通过术中多次注射, 用于保护 CBD 和供应十二指肠的血管。可见 ICG 荧光导航技术对识别十二指肠和胰腺头部的血管解剖结构也有一定的可视化作用。

4. 荧光导航技术的不足与展望

ICG 荧光导航技术具有操作方便、应用范围广、价格便宜等优势, 但在临床应用中也存在不足, 笔者认为主要有以下几点: ① 因其最多只能识别 10 mm 厚的结缔组织, 对于超过 10 mm 的包裹的胆道结构很难识别, 比如对多次手术导致较严重的腹腔粘连的病人成像能力则较差; ② 因为手术时间的延长以及术中检测胆漏, 需要术中多次注射 ICG, 术中注射剂量的改变也可能导致紊乱的荧光干扰信号, 比如 Lu [20]等人发现 1 例术中使用 0.5 ml/Kg 的 ICG 时会发生成像混乱的现象, 虽然只是个例, 但也提示我们这种操作并不总是有效的; ③ 术前患者注射 ICG 的剂量与时间的把握仍存在争议, 虽然 Chen [22]等人的研究中指出在术前 8、10、12 小时注射 ICG 可以获得满意的 CBD 荧光图像, 但未得到更多的证实, 临床运用也是多凭术者的经验性用药, 术前 ICG 的运用仍需要进一步研究; ④ 随着腔镜技术的发展, 越来越多的腔镜设备出现在了临床, 荧光成像设备的主要成像部件是用于激发 ICG 的调节光源、用于分离发射的荧光与背景散射光和环境光的滤光片以及最主要的用于检测发射的荧光信号的照相系统组成, 次要的为显示软件和硬件[39] [40]。不同的国家生产的设备可能呈现出不一样的结果, 比如 Kono [41]等人通过研究 5 种不同的 ICG 荧光成像设备用于术中胆囊切除, 其研究证实了用于荧光成像的不同的腹腔镜系统之间的信号对比度也显著不同, 这是需要术者意识到的。

5. 结论

综上所述, ICG 作为一种静脉注射用的水溶性染料, 为术中胆管荧光可视化提供了可能, ICG 荧光导航下的 LDPPHR 对于术后预防胆漏和胆管损伤的发生有着明显的益处, LDPPHR 切除术中十二指肠血供保护是该手术的一大难点, ICG 荧光技术可实现精准导航, 使其更易被临床掌握。ICG 荧光导航在 LDPPHR 这一领域仍然处于早期阶段, 临床研究病例仍然过少, 有些机制并不明确, 比如术前注射时间、注射剂量以及荧光设备的差异等, 均对其成像都有较大的影响。相信随着科技的进步, 临床研究的深入进行以及荧光设备的更新, ICG 荧光导航技术会在外科手术中发挥出更大的应用价值。

参考文献

- [1] Beger, H.G., Witte, C., Krautzberger, W., *et al.* (1980) Experiences with Duodenum-Sparing Pancreas Head Resection in Chronic Pancreatitis. *Der Chirurg*, **51**, 303-307.
- [2] Beger, H.G., Krautzberger, W., Bittner, R., Büchler, M. and Block, S. (1984) Duodenum Preserving Pancreatic Head Resection in Chronic Pancreatitis-Results after 10 Years. *Langenbecks Archiv für Chirurgie*, **362**, 229-236. <https://doi.org/10.1007/BF01254649>
- [3] Cao, J., Li, G., Wei, J., *et al.* (2019) Laparoscopic Duodenum-Preserving Total Pancreatic Head Resection: A Novel Surgical Approach for Benign or Low-Grade Malignant Tumors. *Surgical Endoscopy*, **33**, 633-638. <https://doi.org/10.1007/s00464-018-6488-2>
- [4] Beger, H.G., Siech, M. and Poch, B. (2013) Duodenum-Preserving Total Pancreatic Head Resection: An Organ-Sparing Operation Technique for Cystic Neoplasms and Non-Invasive Malignant Tumors. *Der Chirurg*, **84**, 412-420.
- [5] Zhou, J., Zhou, Y., Mou, Y., *et al.* (2016) Laparoscopic Duodenum-Preserving Pancreatic Head Resection: A Case Report. *Medicine*, **95**, e4442. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000004442>

- [6] Landsman, M.L., Kwant, G., Mook, G.A. and Zijlstra, W.G. (1976) Light-Absorbing Properties, Stability, and Spectral Stabilization of Indocyanine Green. *Journal of Applied Physiology*, **40**, 575-583. <https://doi.org/10.1152/jappl.1976.40.4.575>
- [7] Mordon, S., Devoisselle, J.M., Soulie-Begu, S. and Desmettre, T. (1998) Indocyanine Green: Physicochemical Factors Affecting Its Fluorescence *in Vivo*. *Microvascular Research*, **55**, 146-152. <https://doi.org/10.1006/mvre.1998.2068>
- [8] Guyer, D.R., Puliafito, C.A., Monés, J.M., *et al.* (1992) Digital Indocyanine-Green Angiography in Chorioretinal Disorders. *Ophthalmology*, **99**, 287-291. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(92\)31981-5](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(92)31981-5)
- [9] Rubens, F.D., Ruel, M. and Fremes, S.E. (2002) A New and Simplified Method for Coronary and Graft Imaging during CABG. *The Heart Surgery Forum*, **5**, 141-144.
- [10] Kusano, M., Tajima, Y., Yamazaki, K., *et al.* (2008) Sentinel Node Mapping Guided by Indocyanine Green Fluorescence Imaging: A New Method for Sentinel Node Navigation Surgery in Gastrointestinal Cancer. *Digestive Surgery*, **25**, 103-108. <https://doi.org/10.1159/000121905>
- [11] Mullock, B.M., Shaw, L.J., Fitzharris, B., *et al.* (1985) Sources of Proteins in Human Bile. *Gut*, **26**, 500-509. <https://doi.org/10.1136/gut.26.5.500>
- [12] Yoneya, S., Saito, T., Komatsu, Y., *et al.* (1998) Binding Properties of Indocyanine Green in Human Blood. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **39**, 1286-1290.
- [13] Ishizawa, T., Bandai, Y., Ijichi, M., *et al.* (2010) Fluorescent Cholangiography Illuminating the Biliary Tree during Laparoscopic Cholecystectomy. *Journal of British Surgery*, **97**, 1369-1377. <https://doi.org/10.1002/bjs.7125>
- [14] Ishizawa, T., Tamura, S., Masuda, K., *et al.* (2009) Intraoperative Fluorescent Cholangiography Using Indocyanine green: A Biliary Road Map for Safe Surgery. *Journal of the American College of Surgeons*, **208**, e1-e4. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2008.09.024>
- [15] Inoue, Y., Arita, J., Sakamoto, T., *et al.* (2015) Anatomical Liver Resections Guided by 3-Dimensional Parenchymal Staining Using Fusion Indocyanine Green Fluorescence Imaging. *Annals of Surgery*, **262**, 105-111. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000000775>
- [16] Inoue, Y., Saiura, A., Arita, J. and Yu, T. (2015) Hepatic Vein-Oriented Liver Resection Using Fusion Indocyanine Green Fluorescence Imaging. *Annals of Surgery*, **262**, e98-e99. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000000833>
- [17] Li, Y.P., Ma, Z.G., Tuxun, T., *et al.* (2020) The Application of Laparoscopy Combined with Indocyanine Green Fluorescence Imaging Technique for Hepatic Cystic Echinococcosis. *BMC Surgery*, **20**, Article No. 249. <https://doi.org/10.1186/s12893-020-00911-8>
- [18] 王潇宁, 吴硕东, 邓天麟, 等. 吲哚菁绿荧光胆道造影在腹腔镜胆囊切除术中的应用[J]. 腹腔镜外科杂志, 2021, 26(7): 550-554. <https://doi.org/10.13499/j.cnki.fqjwkzz.2021.07.550>
- [19] van den Bos, J., Wieringa, F.P., Bouvy, N.D. and Stassen, L.P.S. (2018) Optimizing the Image of Fluorescence Cholangiography Using ICG: A Systematic Review and *ex vivo* Experiments. *Surgical Endoscopy*, **32**, 4820-4832. <https://doi.org/10.1007/s00464-018-6233-x>
- [20] Lu, C., Xu, B., Mou, Y., *et al.* (2022) Laparoscopic Duodenum—Preserving Pancreatic Head Resection with Real-Time Indocyanine Green Guidance of Different Dosage and Timing: Enhanced Safety with Visualized Biliary Duct and Its Long-Term Metabolic Morbidity. *Langenbeck's Archives of Surgery*, **407**, 2823-2832. <https://doi.org/10.1007/s00423-022-02570-0>
- [21] 中国研究型医院学会微创外科学专业委员会, 《腹腔镜外科杂志》编辑部. 吲哚菁绿荧光染色在腹腔镜肝切除术中应用的专家共识[J]. 腹腔镜外科杂志, 2019, 24(5): 388-394. <https://doi.org/10.13499/j.cnki.fqjwkzz.2019.05.388>
- [22] Chen, Q.X., Zhou, R., Weng, J.F., *et al.* (2021) Extrahepatic Biliary Tract Visualization Using Near-Infrared fluorescence Imaging with Indocyanine Green: Optimization of Dose and Dosing Time. *Surgical Endoscopy*, **35**, 5573-5582. <https://doi.org/10.1007/s00464-020-08058-6>
- [23] Wang, P., Fang, C., Lin, H.M., *et al.* (2021) Detection of the Common Bile Duct in Difficult Bile Duct Exploration Using Indocyanine Green Fluorescence Imaging: A Case Report. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, **36**, Article ID: 102610. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2021.102610>
- [24] Lie, H., Irawan, A., Sudirman, T., *et al.* (2022) Efficacy and Safety of Near-Infrared Fluorescence Cholangiography Using Indocyanine Green in Laparoscopic Cholecystectomy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, **33**, 434-446. <https://doi.org/10.1089/lap.2022.0495>
- [25] Laffan, T.A., Horton, K.M., Klein, A.P., *et al.* (2008) Prevalence of Unsuspected Pancreatic Cysts on MDCT. *American Journal of Roentgenology*, **191**, 802-807. <https://doi.org/10.2214/AJR.07.3340>
- [26] Lee, K.S., Sekhar, A., Rofsky, N.M. and Pedrosa, I. (2010) Prevalence of Incidental Pancreatic Cysts in the Adult Pop-

- ulation on MR Imaging. *Official Journal of the American College of Gastroenterology*, **105**, 2079-2084. <https://doi.org/10.1038/ajg.2010.122>
- [27] Beger, H.G., Mayer, B. and Rau, B.M. (2016) Parenchyma-Sparing, Limited Pancreatic Head Resection for Benign Tumors and Low-Risk Periampullary Cancer—A Systematic Review. *Journal of Gastrointestinal Surgery*, **20**, 206-217. <https://doi.org/10.1007/s11605-015-2981-2>
- [28] Lévy, P., Jouannaud, V., O'Toole, D., *et al.* (2006) Natural History of Intraductal Papillary Mucinous Tumors of the Pancreas: Actuarial Risk of Malignancy. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, **4**, 460-468. <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2006.01.018>
- [29] Shirata, C., Kawaguchi, Y., Kobayashi, K., *et al.* (2018) Usefulness of Indocyanine Green-Fluorescence Imaging for Real-Time Visualization of Pancreas Neuroendocrine Tumor and Cystic Neoplasm. *Journal of Surgical Oncology*, **118**, 1012-1020. <https://doi.org/10.1002/jso.25231>
- [30] Sukharamwala, P.B., Patel, K.D., Teta, A.F., *et al.* (2015) Long-Term Outcomes Favor Duodenum-Preserving Pancreatic Head Resection over Pylorus-Preserving Pancreaticoduodenectomy for Chronic Pancreatitis: A Meta-Analysis and Systematic Review. *The American Surgeon*, **81**, 909-914. <https://doi.org/10.1177/000313481508100927>
- [31] Peng, C.H., Shen, B.Y., Deng, X.X., *et al.* (2012) Early Experience for the Robotic Duodenum-Preserving Pancreatic Head Resection. *World Journal of Surgery*, **36**, 1136-1141. <https://doi.org/10.1007/s00268-012-1503-6>
- [32] Jiang, Y., Jin, J.B., Zhan, Q., *et al.* (2018) Robot-Assisted Duodenum-Preserving Pancreatic Head Resection with Pancreaticogastrostomy for Benign or Premalignant Pancreatic Head Lesions: A Single-Centre Experience. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, **14**, e1903. <https://doi.org/10.1002/rcs.1903>
- [33] Cai, Y.Q., Zheng, Z.J., Gao, P., Li, Y.B. and Peng, B. (2021) Laparoscopic Duodenum-Preserving Total Pancreatic Head Resection Using Real-Time Indocyanine Green Fluorescence Imaging. *Surgical Endoscopy*, **35**, 1355-1361. <https://doi.org/10.1007/s00464-020-07515-6>
- [34] Zhang, Y.B., Zhang, J.G., Jiang, K. and Wu, W.D. (2022) Indocyanine Green Real-Time-Guided Laparoscopic Duodenum-Preserving Pancreatic Head Resection. *Journal of Minimal Access Surgery*, **18**, 632-634. https://doi.org/10.4103/jmas.jmas_205_21
- [35] Hong, D.F., Cheng, J., Wu, W.D., *et al.* (2021) How to Perform Total Laparoscopic Duodenum-Preserving Pancreatic Head Resection Safely and Efficiently with Innovative Techniques. *Annals of Surgical Oncology*, **28**, 3209-3216. <https://doi.org/10.1245/s10434-020-09233-8>
- [36] Isaji, S. and Kawarada, Y. (2001) Pancreatic Head Resection with Second-Portion Duodenectomy for Benign Lesions, Low-Grade Malignancies, and Early Stage Carcinomas Involving the Pancreatic Head Region. *The American Journal of Surgery*, **181**, 172-176. [https://doi.org/10.1016/S0002-9610\(00\)00557-2](https://doi.org/10.1016/S0002-9610(00)00557-2)
- [37] Takada, T., Yasuda, H., Amano, H. and Yoshida, M. (2004) A Duodenum-Preserving and Bile Duct-Preserving Total Pancreatic Head Resection with Associated Pancreatic Duct-to-Duct Anastomosis. *Journal of Gastrointestinal Surgery*, **8**, 220-224. <https://doi.org/10.1016/j.gassur.2003.11.007>
- [38] Kurata, Y., Hayano, K., Matsusaka, K., *et al.* (2022) A Case Report of Duodenal Arteriovenous Malformation: Usefulness of Intraoperative Indocyanine Green Angiography for Precise Identification of the Lesion. *Surgical Case Reports*, **8**, Article No. 4. <https://doi.org/10.1186/s40792-021-01356-8>
- [39] Dsouza, A.V., Lin, H., Henderson, E.R., Samkoe, K.S. and Pogue, B.W. (2016) Review of Fluorescence Guided Surgery Systems: Identification of Key Performance Capabilities beyond Indocyanine Green Imaging. *Journal of Biomedical Optics*, **21**, Article ID: 080901. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.21.8.080901>
- [40] Zhu, B. and Sevcik-Muraca, E.M. (2015) A Review of Performance of Near-Infrared Fluorescence Imaging Devices Used in Clinical Studies. *The British Journal of Radiology*, **88**, Article ID: 20140547. <https://doi.org/10.1259/bjr.20140547>
- [41] Kono, Y., Ishizawa, T., Tani, K., *et al.* (2015) Techniques of Fluorescence Cholangiography during Laparoscopic Cholecystectomy for Better Delineation of the Bile Duct Anatomy. *Medicine*, **94**, e1005. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000001005>